

Trabajo de Fin de Grado/Máster

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Propuesta para la remodelación de unas instalaciones escolares en Kenia

MEMORIA

Autor: Rosa García Barnils
Natalia Puyuelo García
Director: Alba Ramos Cabal
Codirector: Arantza Villa Sicilia
Convocatoria: 09/19



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Industrial de Barcelona



Agradecimientos

Finalizado este trabajo, deseamos manifestar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han colaborado en su elaboración.

En primer lugar, queremos agradecer a la directora y codirectora de nuestro proyecto, Alba Ramos y Arantza Villa, respectivamente. Ambas del Departamento de Expresión Gráfica a la Ingeniería, nos han ayudado a realizar este proyecto; por toda su atención, su valiosa ayuda y su continuo asesoramiento.

En segundo lugar, agradecer también al colegio Kipepeo de Kenia, donde tuvimos la oportunidad de vivir una experiencia increíble a partir de la cual surgió la idea de este proyecto. Allí fue donde aprendimos a valorar todo lo que tenemos y lo que se nos ha dado a lo largo de nuestras vidas y lo afortunadas que somos por ello. También nos dimos cuenta de las grandes diferencias sociales, económicas, culturales y educativas que existen en el mundo.

Por último, no podemos dejar sin mencionar a la Universidad Politécnica de Cataluña, por todos los conocimientos que la carrera de Ingeniería en Tecnologías Industriales nos ha aportado para realizar este proyecto y la formación que nos ha dado.

Resumen

El siguiente proyecto consiste en una propuesta de mejora de las condiciones de la infraestructura actual del colegio Kipepeo situado cerca de Kisumu, Kenia. Proveer acceso a la electricidad para obtener iluminación en las aulas y garantizar el suministro de agua y el saneamiento a todos los alumnos son los principales objetivos de este trabajo.

Durante el proyecto se lleva a cabo una identificación de la situación actual y las necesidades, y se plantean distintas alternativas para solucionar cada uno de los problemas identificados. Una vez estudiadas las diferentes alternativas, se escoge una y se realiza su dimensionamiento, presupuesto e impacto ambiental. Finalmente, se lleva a cabo el análisis de sostenibilidad social, ambiental y económica. El proyecto se estructura en tres partes: un estudio de la situación actual de Kenia y del colegio, un estudio de las alternativas y, por último, un dimensionamiento numérico de la solución escogida.

Se aborda el dimensionamiento del proyecto basándonos en las previsiones de la demanda de agua, electricidad y otras necesidades en función del número de alumnos que podría llegar a tener la escuela de aquí a 10 años.

La motivación principal es poder ofrecer la propuesta de este proyecto al colegio Kipepeo, donde las autoras de este proyecto hicieron voluntariado durante el verano de 2018, con el objetivo de convertirlo en un proyecto real a largo plazo. Por este motivo, se pretende hacer un proyecto lo más veraz y próximo a la realidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE DE CONTENIDOSÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 8 |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | 9 |
| 1. GLOSARIO | 13 |
| 2. PREFACIO | 15 |
| 2.1. Origen del proyecto..... | 15 |
| 2.2. Motivación..... | 15 |
| 2.3. Requisitos previos..... | 15 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 3.1. Introducción a la Cooperación para el Desarrollo | 18 |
| 3.1.1. El Desarrollo Humano..... | 18 |
| 3.1.2. La tecnología y el Desarrollo Humano | 20 |
| 3.1.3. Tecnología Apropriada (TA) | 21 |
| 3.1.4. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)..... | 23 |
| 3.2. Objetivos del proyecto | 24 |
| 3.3. Alcance del proyecto..... | 25 |
| 4. SITUACIÓN ACTUAL EN KENIA | 26 |
| 4.1. Educación | 26 |
| 4.2. Género..... | 27 |
| 4.3. Economía..... | 29 |
| 4.4. Política | 30 |
| 4.5. Religión | 30 |
| 4.6. Sanidad..... | 30 |
| 4.7. Clima..... | 31 |
| 4.8. Acceso a la energía | 34 |
| 4.8.1. Acceso a la electricidad | 35 |
| 4.8.2. Acceso a las instalaciones de cocina | 39 |
| 4.9. Acceso al agua y al saneamiento | 41 |
| 4.9.1. Situación en Kima | 43 |
| 5. PRESENTACIÓN DEL COLEGIO KIPEPEO | 44 |
| 5.1. Condiciones actuales del colegio Kipepeo..... | 45 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.1.1. | Electricidad..... | 46 |
| 5.1.2. | Agua | 47 |
| 6. | ESTUDIO DE ALTERNATIVAS | 49 |
| 6.1. | Abastecimiento energético en el colegio Kipepeo | 49 |
| 6.1.1. | Alternativa electrificación rural con energía solar fotovoltaica | 49 |
| 6.1.2. | Alternativa de electrificación rural con energía mini-eólica | 54 |
| 6.1.3. | Alternativa de electrificación rural con energía mini-hidráulica | 59 |
| 6.1.4. | Sistemas híbridos | 63 |
| 6.2. | Abastecimiento de agua en el colegio Kipepeo | 64 |
| 6.2.1. | Alternativa sistema de captación de aguas pluviales con canaletas..... | 65 |
| 6.2.2. | Alternativa sistema de captación de aguas superficiales con tuberías | 66 |
| 6.2.3. | Alternativa “Hippo Roller Water” | 67 |
| 6.2.4. | Alternativa desalinizadora | 68 |
| 6.2.5. | Alternativa sistema de bombeo fotovoltaico | 68 |
| 7. | DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA _ | 78 |
| 7.1. | Demanda a satisfacer | 78 |
| 7.2. | Sistema de abastecimiento de agua..... | 78 |
| 7.2.1. | Tipo de diseño de bombeo fotovoltaico escogido..... | 79 |
| 7.2.2. | Cálculo de la demanda de agua del colegio | 80 |
| 7.2.3. | Dimensionamiento | 81 |
| 7.3. | Sistema de abastecimiento eléctrico | 85 |
| 7.3.1. | Cálculo de la demanda de electricidad en el colegio | 85 |
| 7.3.2. | Dimensionamiento | 86 |
| 7.4. | Sistema de gestión de residuos..... | 88 |
| 7.4.1. | Componentes | 90 |
| 7.4.2. | Uso y mantenimiento | 91 |
| 7.4.3. | Dimensionamiento | 92 |
| 7.5. | Materiales para la construcción | 92 |
| 7.6. | Esquema de la solución completa | 92 |
| 8. | SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL | 96 |
| 8.1. | Sostenibilidad ambiental | 96 |
| 8.2. | Sostenibilidad social | 96 |
| 9. | PRESUPUESTO | 97 |
| 9.1. | Sostenibilidad económica | 98 |
| 10. | CONCLUSIONES Y OBJETIVOS CONSEGUIDOS | 99 |

| | |
|---|------------|
| 11. COMPETENCIAS | 100 |
| 12. FUTUROS DESARROLLOS | 102 |
| BIBLIOGRAFÍA | 103 |
| Bibliografía de las ilustraciones | 103 |
| Referencias bibliográficas..... | 104 |
| Bibliografía complementaria | 107 |
| ANEXOS | 109 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Grupos de desarrollo humano según el valor del IDG. | 20 |
| Tabla 2. Comparación entre tipos de baterías. | 52 |
| Tabla 3. Diferentes tipos de centrales hidroeléctricas. | 59 |
| Tabla 4. Comparación de motor de corriente continua (DC) y corriente alterna (AC). | 75 |
| Tabla 5. Comparación entre bomba centrífuga y de desplazamiento positivo. | 76 |
| Tabla 6. Cantidad de agua necesaria en el colegio. | 81 |
| Tabla 7. Datos del pozo. | 82 |
| Tabla 8. Equipos y características. | 95 |
| Tabla 9. Presupuesto 1. | 97 |
| Tabla 10. Presupuesto 2. | 97 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Evolución del IDH de Kenia, España y Estados Unidos (1990-2017) (1). | 19 |
| Ilustración 2. Esquema de la tecnología y el desarrollo humano (2). | 21 |
| Ilustración 3. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (3). | 23 |
| Ilustración 4. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (4). | 24 |
| Ilustración 5. Mapa geográfico de Kenia (5). | 26 |
| Ilustración 6. Actividades rurales de transporte en Tanzania (6). | 28 |
| Ilustración 7. Mapa de Kenia con la línea del ecuador (7). | 31 |
| Ilustración 8. Gráfico con el promedio de las temperaturas máximo y mínima (8). | 32 |
| Ilustración 9. Gráfico con la probabilidad diaria de precipitación (8). | 33 |
| Ilustración 10. Gráfico con la precipitación de lluvia mensual promedio (8). | 33 |
| Ilustración 11. Gráfico con las horas de luz natural y crepúsculo (8). | 33 |
| Ilustración 12. Países que forman el África subsahariana (9). | 34 |
| Ilustración 13. Evolución del suministro de electricidad en Kenia (2013-2017) (10). | 36 |
| Ilustración 14. Consumo medio de electricidad por hogar en África subsahariana, 2012, y niveles indicativos de consumo por aparato (11). | 37 |
| Ilustración 15. Precios de la red eléctrica por sector, 2013 (11). | 38 |
| Ilustración 16. Duración de los cortes eléctricos e impacto en las ventas comerciales (11). | 39 |
| Ilustración 17. Las poblaciones del África subsahariana por subregión que dependen del uso tradicional de biomasa sólida para cocinar, 2012 (11). | 39 |
| Ilustración 18. Consumo de leña por cápita y por día (11). | 40 |
| Ilustración 19. Combustible utilizado en los hogares para cocinar (11). | 41 |
| Ilustración 20. Niños transportando el agua recogida del río (12). | 42 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 21. Mapa de la localización del colegio Kipepeo (13). | 44 |
| Ilustración 22. Foto grupal de todos los alumnos y profesores del colegio Kipepeo (14). | 45 |
| Ilustración 23. Aula del colegio Kipepeo (14). | 46 |
| Ilustración 24. Plato de alubias con maíz, alimento de los alumnos (14). | 46 |
| Ilustración 25. Escasa iluminación en un aula del colegio Kipepeo (14). | 47 |
| Ilustración 26. Lavado de manos antes de comer (14). | 47 |
| Ilustración 27. Esquema de un panel solar fotovoltaico (15). | 51 |
| Ilustración 28. Potencial de energía fotovoltaica en Kenia (16). | 53 |
| Ilustración 29. Potencial de energía fotovoltaica en España (16). | 54 |
| Ilustración 30. Partes de un aerogenerador (17). | 56 |
| Ilustración 31. Esquema de una mini-eólica (18). | 56 |
| Ilustración 32. Velocidad promedio del viento por hora en Kisumu (8). | 57 |
| Ilustración 33. Curva de potencia de un aerogenerador (19). | 58 |
| Ilustración 34. Esquema básico de una mini-central hidráulica (20). | 60 |
| Ilustración 35. Mapa de los ríos más caudalosos de Kenia (21). | 62 |
| Ilustración 36. Ejemplo de un sistema híbrido Eólica/FV/Diesel (19). | 63 |
| Ilustración 37. Esquema de un sistema de captación de aguas pluviales (22). | 66 |
| Ilustración 38. “Hippo Roller Water” (23). | 67 |
| Ilustración 39. Esquema de un sistema de bombeo fotovoltaico (24). | 68 |
| Ilustración 40. Componentes de un sistema bombeo fotovoltaico (25). | 69 |
| Ilustración 41. Parámetros de un sistema de bombeo fotovoltaico (24). | 70 |
| Ilustración 42. Localización de Bunyore Girls High School (26). | 82 |
| Ilustración 43. Demanda diaria (14). | 87 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 44. Esquema de un sistema de gestión de residuos (27). | 90 |
| Ilustración 45. Esquema de la solución completa (14). | 94 |
| Ilustración 46. Planificación de los costes de 6 años (14). | 98 |

1. Glosario

| | |
|--------|--|
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| CC/CA | Conversión Corriente Continua en Corriente Alterna |
| CC/CC | Conversión Corriente Continua en Corriente Continua |
| FV | Fotovoltaico |
| ODS | Objetivos de Desarrollo Sostenible |
| ODM | Objetivos de Desarrollo del Milenio |
| AIE | Agencia Internacional de Energía |
| KenGen | Kenya Electricity Generating Company |
| KPLC | Kenya Power and Lighting Company |
| KCEP | Kipepeo Community Empowerment Program |
| KCEC | Kipepeo Community Education Centre |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| ONG | Organización No Gubernamental |
| TA | Tecnología Apropriada |
| IDH | Índice de Desarrollo Humano |
| IDG | Índice de Desarrollo de Género |
| IPM | Índice de Pobreza Multidimensional |
| UNICEF | Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (United Nations International Children's Emergency Fund) |
| SPMY | Estudio de la Juventud Matemáticamente Precoz (Study of Mathematically Precocious Youth) |

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

Las dos autoras de este trabajo de final de grado viajamos a Kenia el verano de 2018, donde tuvimos durante el mes de julio la oportunidad de experimentar de primera mano cómo es el sistema educativo en una de las regiones rurales de este país. En concreto estuvimos de voluntarias en un colegio llamado Kipepeo, en la villa de Luanda situada en el condado de Vihiga. Nos vimos sorprendidas por las condiciones tan desfavorables en las que se encuentra el colegio; la falta de luz y sanidad en las aulas, la carencia de agua y el saneamiento adecuado de los niños. A raíz de esta experiencia, nos surgió la inquietud de cómo poder ayudarles a asegurar el acceso a la educación y a otros servicios básicos como, por ejemplo, el acceso al agua, electricidad y saneamiento, con los conocimientos aprendidos en el transcurso de la carrera.

2.2. Motivación

La motivación principal es poder ofrecer la propuesta de este proyecto al colegio Kipepeo con el objetivo de convertirlo en un proyecto real a largo plazo. Por este motivo, se pretende hacer un proyecto lo más veraz y próximo a la realidad. Una vez finalizado el trabajo, se buscará financiación para emprender y sacar adelante el proyecto. Además, se estandariza el proyecto de modo que se pueda presentar y pueda proporcionar apoyo a otros colegios de Kenia que se encuentren en situaciones similares a la del colegio Kipepeo.

2.3. Requisitos previos

La alternativa adoptada debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ser una solución tecnológica apropiada, que se explica en el punto 3.1.3.
- Cubrir las necesidades y expectativas de los usuarios.
- Mantener unos estándares de calidad.
- Ser sostenible en los ámbitos social, medioambiental y económico.

3. Introducción

Kenia es un país en vías al desarrollo que ocupa el puesto 142 de 189 en la clasificación del Índice de Desarrollo Humano (IDH) que lleva a cabo el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con un IDH del 0,59 [1]. Este puesto indica que el acceso a servicios básicos no está garantizado en Kenia para un porcentaje muy importante de la población; y en concreto, el sistema educativo cuenta actualmente con un presupuesto asignado a la educación muy bajo y el porcentaje de niños y jóvenes que asisten a la escuela no es muy elevado. Entraremos en más detalle en estos datos en el capítulo 4.

Este trabajo consiste en una propuesta de mejora de las infraestructuras actuales de un colegio concreto situado en el condado de Vihiga en Kenia. Se estudiarán las diferentes alternativas existentes para proporcionar una solución apropiada a las necesidades de la población más joven y a los diferentes sistemas que se desean implementar en el colegio. Con esta mejora se espera poder mejorar las condiciones de vida y dar un paso adelante para acabar con el círculo de la pobreza que sufren miles de niños en este país.

A lo largo de este trabajo se lleva a cabo un estudio detallado de las posibles mejoras que abarcan el abastecimiento de agua, la gestión de residuos y el suministro de electricidad. También se analizan los materiales más adecuados y disponibles para llevar a cabo la construcción de la estructura de la escuela. Sin embargo, es fundamental generar una concienciación en los alumnos y profesores de la necesidad e importancia de las mejoras que se desean implantar para que aprendan a cuidarlas y respetarlas. Sin una concienciación en las personas afectadas, las mejoras no son efectivas ya que no harán uso de ellas porque no encontrarán la necesidad de ponerlas en práctica.

Se apuesta por la idea de este proyecto porque se cree que se pueden ofrecer soluciones y oportunidades a corto y largo plazo, y no solo a los alumnos del colegio Kipepeo sino a todos aquellos que se ven implicados indirectamente. Por un lado, los niños con una educación tendrán acceso a un futuro con más oportunidades y esperanza. Mientras los niños están en la escuela, las familias pueden dedicarse al trabajo sin la necesidad de quedarse en casa cuidando de ellos. El proyecto también proporciona buenas condiciones de trabajo a los maestros contribuyendo a su crecimiento profesional y el aumento de su satisfacción personal. Asimismo, supone un beneficio para la comunidad ya que educar es igualar,

integrar e incluir; consiguiendo ciudadanos cualificados que apuestan por una sociedad más justa y equitativa.

3.1. Introducción a la Cooperación para el Desarrollo

3.1.1. El Desarrollo Humano

El Desarrollo Humano entraña mucho más que el simple aumento o disminución de los ingresos económicos de una nación. Significa crear un entorno en el que las personas puedan hacer plenamente realidad sus posibilidades y vivir de forma productiva y creadora de acuerdo con sus necesidades e intereses. Los pueblos son la verdadera riqueza de las naciones y, por ende, el desarrollo consiste en la ampliación de las opciones que ellos tienen para vivir de acuerdo con sus valores. Por eso, el desarrollo significa mucho más que crecimiento económico, el cual solamente constituye un medio, aunque muy importante, para ampliar las opciones de la población.

Un elemento fundamental para la ampliación de esas opciones es el desarrollo de la capacidad humana, es decir, las múltiples cosas que la gente puede hacer o ser en la vida. Las capacidades esenciales para el desarrollo humano son vivir una vida larga y sana, tener conocimientos, tener acceso a los recursos necesarios para alcanzar un nivel de vida decoroso y poder participar en la vida de la comunidad. Sin ellas sencillamente no se dispone de muchas opciones ni se llega a tener acceso a muchas oportunidades que brinda la vida. Esta manera de percibir el desarrollo, la cual suele olvidarse frente a la preocupación inmediata por acumular bienes y riqueza financiera, no es nueva. Desde hace mucho tiempo, filósofos, economistas y dirigentes políticos han venido haciendo hincapié en que el bienestar humano es el objetivo, o el fin, del desarrollo. En la Grecia antigua Aristóteles dijo que a todas luces la riqueza no era el bien que buscábamos, ya que ésta sólo servía para alcanzar algo más [2].

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es un indicador compuesto que mide el desarrollo humano. A partir de éste, se han creado otros índices complementarios como el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) y el Índice de Desarrollo de Género (IDG) [3].

- *Índice de Desarrollo Humano*. El IDH mide el progreso general de un país en tres dimensiones básicas del desarrollo humano: la longevidad, los conocimientos y un

nivel de vida decoroso. Se mide a partir de la esperanza de vida, el nivel educacional (la alfabetización de adultos y la matriculación combinada en las enseñanzas primaria, secundaria y terciaria) y el ingreso per cápita ajustado por la paridad del poder adquisitivo. El IDH es un índice resumido, y no integral, del desarrollo humano. En la siguiente ilustración se puede ver, de forma gráfica, la tendencia de este índice en los últimos veinte años comparando Kenia con otros dos países desarrollados: España y Estados Unidos.

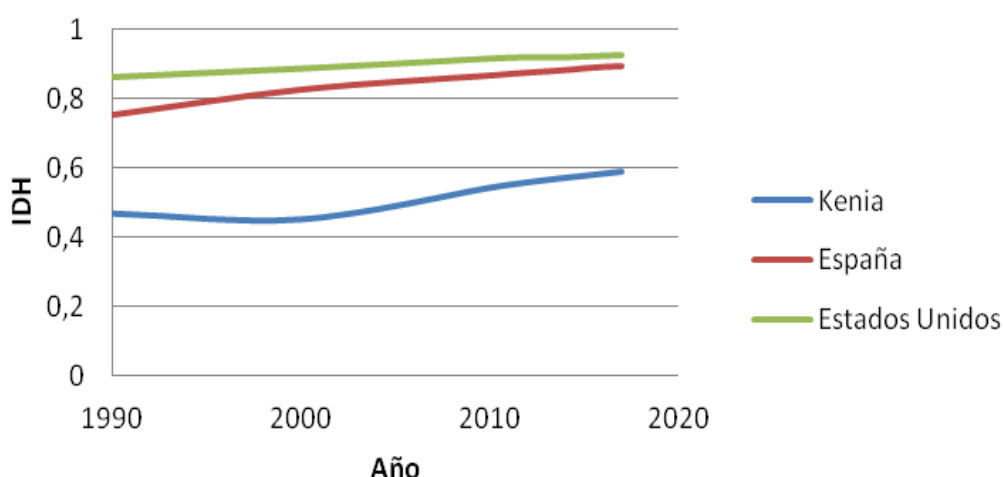


Ilustración 1. Evolución del IDH de Kenia, España y Estados Unidos (1990-2017) (1).

- *Índice de Pobreza Multidimensional*. El IPM refleja las numerosas privaciones simultáneas que sufren las personas de los países en desarrollo en materia de educación, salud y nivel de vida. El IPM muestra tanto la incidencia de la pobreza multidimensional no referida a ingresos como su intensidad. El IPM mide las privaciones en las mismas dimensiones del desarrollo humano básico que el IDH. En 2014 el IPM era de 0,179, traducido a un 38,9 % de población que se encuentra en situación de pobreza multidimensional. Comparándolo con el país de Serbia, este presenta un IPM de 0,001, traducido a un 0,3 % de la población [4].
- *Índice de Desarrollo de Género*. El IDG mide el progreso en las mismas dimensiones y utiliza los mismos indicadores que el IDH, pero refleja las desigualdades en el progreso entre el hombre y la mujer. Se trata sencillamente del IDH ajustado para determinar la desigualdad de género. Mientras mayor sea la disparidad de género en el desarrollo humano básico, más bajo será el IDG de un país respecto de su IDH.

En 2017 el IDG era de 0,931 en Kenia formando parte del grupo de desarrollo humano medio. Comparándolo con el IDG de España, este es de 0,979 formando parte del grupo de desarrollo alto [4].

Tabla 1. Grupos de desarrollo humano según el valor del IDG.

| IDG | |
|----------------------------|-------|
| Desarrollo humano muy alto | 0,983 |
| Desarrollo humano alto | 0,957 |
| Desarrollo humano medio | 0,878 |
| Desarrollo humano bajo | 0,862 |

3.1.2. La tecnología y el Desarrollo Humano

La tecnología no es intrínsecamente buena ni mala. Los resultados dependen de su aplicación. La tecnología, al igual que la educación, permite a las personas salir de la pobreza. Por tanto, la tecnología es un instrumento del crecimiento y del desarrollo, y no sólo su recompensa. Las innovaciones tecnológicas afectan doblemente el desarrollo humano (Ilustración 2). En primer término, elevan de modo directo la capacidad humana. La tecnología proporciona muchos servicios o soluciones. Puede mejorar directamente la salud, la nutrición, los conocimientos, los niveles de vida de las personas y aumentar sus posibilidades de participar más activamente en la vida social, económica y política de la comunidad.

En segundo lugar, las innovaciones tecnológicas constituyen un medio para lograr el desarrollo humano debido a sus repercusiones en el crecimiento económico gracias al aumento de productividad que generan. Crean asimismo nuevas actividades e industrias, como el sector de la tecnología de la información y las comunicaciones, que contribuyen al crecimiento económico y a la creación de empleos. El desarrollo humano es igualmente un medio importante para alcanzar el desarrollo tecnológico.

Las innovaciones tecnológicas son una expresión de la potencialidad humana. Mientras más elevados sean los niveles de educación, más notable será la contribución a la creación y

difusión de la tecnología. Más científicos podrán dedicarse a la investigación y el desarrollo, y más agricultores y obreros de mayor nivel de educación podrán aprender, dominar y aplicar las nuevas técnicas con mayor facilidad y eficacia. Además, la libertad social y política, la participación y el acceso a los recursos materiales crean condiciones que alientan la creatividad popular. Por consiguiente, el desarrollo humano y los avances tecnológicos se refuerzan mutuamente, con lo que se crea un círculo virtuoso.

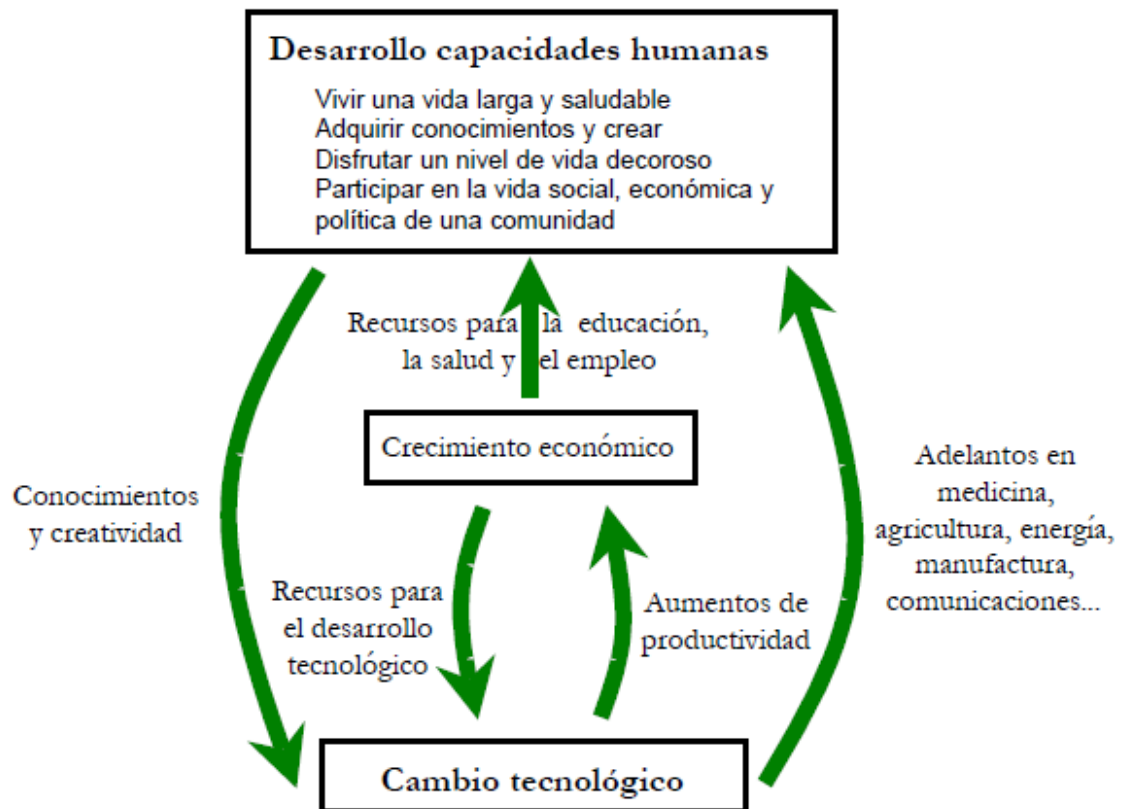


Ilustración 2. Esquema de la tecnología y el desarrollo humano (2).

3.1.3. Tecnología Apropriada (TA)

Las transformaciones tecnológicas actuales están haciendo avanzar las fronteras de la medicina, las comunicaciones, la agricultura, la energía y las fuentes del crecimiento dinámico. Además, esos avances tienen alcance mundial, y una innovación tecnológica en un país se puede utilizar en todo el mundo. Internet, por ejemplo, fue creado en los Estados Unidos, pero sus consecuencias en cuanto a la reducción de los costes para la información y las comunicaciones aumentan las oportunidades de todos en el mundo. Sin embargo, las tecnologías destinadas a satisfacer los deseos y las necesidades de los consumidores y

productores de, por ejemplo, Europa, Japón o los Estados Unidos no necesariamente responden a las necesidades, condiciones y las limitaciones institucionales de los consumidores y productores de los países en desarrollo. Algunas tecnologías pueden adaptarse localmente, pero para ello se necesitan recursos. Aquí es donde aparece la llamada tecnología apropiada.

La tecnología apropiada es aquella tecnología que está diseñada con especial atención a los aspectos medioambientales, éticos, culturales, sociales y económicos de la comunidad a la que se dirigen. Atendiendo a estas consideraciones, las TA emergen del medio local, y normalmente demandan menos recursos, son más fáciles de mantener, presentan un menor coste y un menor impacto sobre el medio ambiente respecto a otras tecnologías equiparables.

Las tecnologías adecuadas a las condiciones locales presentan las siguientes características generales [5]:

- Bajo coste, requieren menos inversión de dinero que las tecnologías intensivas de capital.
- Priorizan el uso de materiales disponibles en el lugar, lo que facilita y abarata el mantenimiento y reparación de equipamiento, y el acceso a repuestos.
- Pequeña escala.
- Fácil utilización, control y mantenimiento por la población sin un alto nivel de cualificación específica.
- Aseguran la sostenibilidad medioambiental.
- Son flexibles, varían dependiendo del entorno sociocultural, lugar y circunstancias cambiantes. Una tecnología apropiada en un contexto puede no serlo en otro.
- Suponen que las personas trabajarán juntas para aportar mejoras a la comunidad.
- No significa que sea algo chapucero, sino que se hace una instalación a menor escala y adecuada a las necesidades del lugar.

3.1.4. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una iniciativa impulsada por las Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron este conjunto de 17 objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible [6].



Ilustración 3. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (3).

Los ODM eran ocho propósitos de desarrollo humano fijados en el año 2000, y que los 189 países miembros de las Naciones Unidas acordaron conseguir para el año 2015. Estos objetivos trataban problemas de la vida cotidiana que se consideran graves y/o radicales. Mientras que los ODM se centraron principalmente en la agenda social, los nuevos objetivos (los ODS) abordan temas interconectados del desarrollo sostenible como el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente. Es importante entender que los Objetivos de Desarrollo del Milenio no se abandonan, sino que los Objetivos del Desarrollo Sostenible complementan y profundizan el trabajo. Los ODS buscan terminar la labor que comenzaron los ODM, sin dejar a nadie atrás. En la ilustración 3, se puede observar como el acceso a la energía aparece de forma transversal para la consecución de gran parte de los ODS. Esto se verá también plasmado en este proyecto [7].



Ilustración 4. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (4).

3.2. Objetivos del proyecto

Se debe recordar que este es un proyecto de cooperación para el desarrollo y por tanto tiene objetivos que van mucho más allá de lo meramente técnico. De esta forma, se pretende remarcar cuales son los objetivos planteados de carácter inmediato y sobretodo cómo se van a afrontar una vez se hayan concluido las instalaciones y se esté llevando a cabo la gestión de las mismas.

En primer lugar, es necesario definir lo que se entiende por objetivo dentro del ámbito de los proyectos de cooperación para el desarrollo.

- **Objetivo general:** Término utilizado para denominar aquel ideal por el que trabaja el proyecto concreto. Es pues la idea de fondo, aquella que el proyecto ayuda a conseguir; entendiendo que la consecución de la misma no depende únicamente de este proyecto.
- **Objetivo específico:** Término utilizado para denominar el conjunto de metas asumibles que el proyecto pretende alcanzar.

3.2.1 Objetivos generales

Como es lógico debe presentar una serie de funciones que contemplen la ejecución de las infraestructuras que resulten necesarias para el centro educativo. De este modo, se mejoran las condiciones para llevar a cabo una formación educativa íntegra a los niños y a su vez facilitar el acceso al agua, al saneamiento y a la electricidad del colegio Kipepeo. La

ejecución de las intervenciones proyectadas en este documento comporta una serie de funciones de desarrollo socio-económicas al colegio.

3.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del trabajo son lo que se presentan a continuación:

- Mejorar las condiciones de la infraestructura del colegio para rehabilitar el espacio en función de la demanda de alumnos.
- Proveer acceso a la electricidad para obtener iluminación en las aulas y corriente mediante la instalación de un sistema eléctrico.
- Garantizar el suministro de agua a todos los alumnos de la escuela mediante el desarrollo de un sistema de abastecimiento de aguas.
- Dotar a la escuela de un sistema de saneamiento y tratamiento de residuos que mejore la situación actual.

3.3. Alcance del proyecto

El alcance de este trabajo consiste en la identificación de las necesidades, la descripción detallada y el cálculo de las instalaciones necesarias para la habitabilidad y funcionalidad del colegio Kipepeo, promoviendo el acceso a la educación y a otros servicios básicos como son el acceso a la energía, al agua y saneamiento (ODS 4, 7 y 6, respectivamente).

Además de abordar de forma directa el acceso a la energía, agua y saneamiento, se abordan de forma indirecta otros ODS que afectan de manera transversal a este proyecto: salud y bienestar, igualdad de género, reducción de las desigualdades y acción por el clima (ODS 3, 5, 10 y 13, respectivamente). No se entra en detalle en la construcción de la infraestructura, aunque se nombra, por la limitación de extensión de este proyecto.

Se lleva a cabo el dimensionamiento del proyecto basándonos en las previsiones de la demanda de agua, electricidad y otras necesidades en función del número de alumnos que podría a llegar a tener la escuela de aquí a 10 años. Se ha escogido esta cifra para asegurar que las necesidades futuras a medio plazo puedan seguir estando cubiertas. También se considerarán las limitaciones debido al emplazamiento del proyecto siempre primando el uso de materiales y mano de obra local, y minimizando la dependencia de suministros de fuera del país.

4. SITUACIÓN ACTUAL EN KENIA

Kenia es un país del este africano que tiene fronteras con Somalia al este, Uganda al oeste, Etiopía al Norte, y Tanzania al sur. El país se extiende sobre 580.367 km² de superficie y está considerado dentro de los países más poblados del mundo con una cifra de 46 millones [8]. Kenia está formada por oficialmente 47 condados los cuales son áreas demográficas designadas por la Constitución de Kenia de 2010 como aquellas áreas a las que se les atribuye la devolución de poder directa [9].



Ilustración 5. Mapa geográfico de Kenia (5).

Nairobi es la capital del país con una población de 4,4 millones de habitantes. A continuación, le siguen las siguientes ciudades de Mombasa (1,2 millones de habitantes), Nakuru (363.000 habitantes), Eldoret (363.000 habitantes), Ruiru (355.000) y Kisumu (335.000 habitantes).

La moneda nacional es el chelín keniano, 1€ equivale a 115,96KES. La lengua principal y oficial es el swahili. Sin embargo, el inglés también es lengua oficial del país debido a la influencia de la colonización británica. Además de estas dos lenguas, dependiendo de cada zona, hay distintos dialectos.

4.1. Educación

En referencia al sistema educativo, la enseñanza formal básica empieza a los seis años. Se divide en la escuela primaria que dura ocho años y en la escuela secundaria que dura cuatro

años. La educación es gratuita en las escuelas públicas, pero las familias deben pagar los libros, el uniforme, el salario de los maestros y las tasas impuestas por el gobierno. En 2012 había un 86,21% de niños matriculados en la primaria, dato que ha aumentado considerablemente comparándolo con el año 1999 en el cual había 62,89% niños matriculados.

Únicamente un 56,5% de niños y niñas están escolarizados en secundaria. Las escuelas que imparten secundaria en Kenia son excesivamente caras y, por este motivo, estudiar la secundaria está considerado un “artículo de lujo” a pesar de ser esta la única posibilidad que tienen de acceder a la universidad. Entre los jóvenes que acaban la secundaria, la mayoría no van a la universidad ya que es caro y difícil de acceder a ella. En cuanto a los estudios universitarios, en la mayor parte de Kenia la educación universitaria es privada, igual que la sanidad. Un 4% de los jóvenes están escolarizados en la universidad [10].

Muchas familias no se pueden permitir pagar el colegio ni la universidad a sus hijos. Hay otros motivos por los cuales los niños dejan de asistir al colegio entre los cuales están la necesidad de ir a buscar agua y leña, trabajar para contribuir con la economía familiar y la gran distancia que tienen que recorrer desde sus casas todos los días para llegar al colegio. Cantidad de violaciones se producen en los campos de camino a la escuela, especialmente a las niñas pequeñas.

Las escuelas no suelen tener agua potable ni zonas de aseo. Las aulas son de una sencillez y pobreza inimaginables, a veces, no hay mesas ni sillas para todos los alumnos y muchos de ellos deben sentarse en el suelo. En muchos colegios se sigue recurriendo a la enseñanza tradicional que es a base de castigos físicos.

En 2015, había un total de 1.263.827 personas entre 15 y 24 años en toda Kenia que eran analfabetos, lo que supone el 85,9% de los jóvenes. En los adultos este porcentaje disminuye a un 78% [10].

4.2. Género

Kenia está situado en el puesto 76 de los 142 países analizados en referencia a la brecha de género, situándose Islandia en el primer puesto. Se utiliza para entender en qué medida están distribuyendo los países sus recursos y oportunidades de forma equitativa entre

hombres y mujeres. Para calcular la brecha de género se analiza la división de los recursos y oportunidades entre hombres y mujeres. También se mide el tamaño de la desigualdad de género en varios aspectos como son la economía, el mundo laboral, la política, el acceso a la educación y la esperanza de vida [11].

Como se puede observar en el siguiente gráfico, el número de horas empleadas en comercio, agricultura, búsqueda de agua y leña es mucho mayor en el caso de las mujeres que de los hombres. La siguiente ilustración hace referencia a Tanzania, sin embargo, los dos países se encuentran en situaciones muy parecidas.

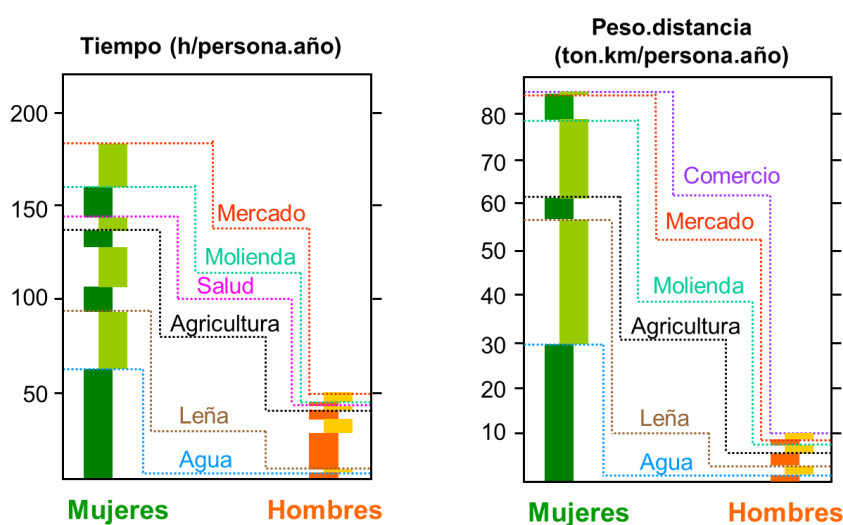


Ilustración 6. Actividades rurales de transporte en Tanzania (6).

Hay más mujeres que hombres viviendo en la pobreza, porque hay más mujeres analfabetas, lo que limita sus posibilidades de explotar oportunidades de empleo que les pueden brindar una vida decente. Poner recursos en manos de mujeres no solo es beneficioso para ellas mismas, sino también para sus hijos, quienes tienen así más posibilidades de sobrevivir, disfrutar de mejores condiciones de salud y nutrición y lograr mejor desempeño escolar.

En el ámbito escolar, son muchas las niñas que dejan de acudir a la escuela ya que la mayoría de los colegios de Kenia no están adaptados higiénicamente para el periodo de las mujeres. Aproximadamente una vez al mes, cuando las niñas tienen la menstruación, suelen

quedarse en casa. "Sin compresas higiénicas, la vida en la escuela es difícil. Vivimos situaciones muy embarazosas y humillantes, especialmente por parte de los varones. Nos delata el hecho de atarnos un jersey o una chaqueta a la cintura para ocultar una mancha en el uniforme si se produce una filtración en la toalla. Entonces elegimos quedarnos en casa", explicó Akinyi estudiante de 13 años perteneciente a Kibera, un suburbio de Nairobi [12].

Por otra parte, la violencia de género es un problema serio y a la vez muy extendido en Kenia. La mentalidad tradicional permite a un hombre enseñar a su mujer a través de la violencia y en muchos casos violación sin que ninguna ley lo prohíba. Muchas mujeres y niñas son abusadas sexualmente o violadas, pero callan debido a que la sociedad ve muy mal a una niña o mujer maltratada o violada. También sufren estos abusos cuando recorren largos trayectos en búsqueda de agua o leña para el hogar [13].

4.3. Economía

El sector terciario aporta un 47,7% del PIB. El transporte, el comercio, los servicios financieros, los servicios inmobiliarios, el turismo y las telecomunicaciones son los subsectores más representativos del sector de servicios. En los últimos años el sector turístico ha sufrido un retroceso debido al atentado terrorista en un centro comercial de Nairobi en 2013.

En segundo lugar, se encuentra el sector primario que aporta un 35% del PIB. En los últimos años ha habido un fuerte crecimiento de la producción y exportación de flores cortadas y productos hortofrutícolas. Alrededor de tres cuartas partes de la población keniana se dedica a los subsectores agrícola y ganadero, mayoritariamente para su subsistencia. Por último, el sector secundario (industria, manufacturas, construcción) aporta un 17,3% del PIB [14].

Específicamente en Kima, población donde se encuentra el colegio Kipepeo, viven aproximadamente 16.000 personas. Los habitantes de esta localidad son mayoritariamente agricultores los cuales tienen pequeñas parcelas en las que plantan cultivos como el maíz, los frijoles, los plátanos y los aguacates. También crían animales como pollos, vacas, ovejas y cabras, de modo que la mayoría de la población practica básicamente agricultura de subsistencia.

4.4. Política

En cuanto a la situación política, Kenia se encuentra en democracia parlamentaria desde el año 2010. Uhuru Muigai Kenyatta es el actual presidente de Kenia desde 2013 y el máximo dirigente del partido político Unión Nacional Africana de Kenia (KANU).

El jefe del Estado se escoge a partir de un sufragio universal directo por un mandato de cinco años renovable por cinco años más. También existe un parlamento bicameral con una cámara de representación personal, la Asamblea Nacional y otra representación territorial, el Senado. La constitución de 2010 es una de las más avanzadas de África ya que introduce varias medidas que aseguran la representación de minorías y grupos infrarrepresentados como las mujeres, los jóvenes y las personas con discapacidades.

Tradicionalmente, Kenia ha sido un país muy centralizado, pero la Constitución de 2010 introdujo importantes medidas para promover la descentralización, con la creación de 47 condados [14].

4.5. Religión

La mayoría de la población keniana es creyente. La religión más extendida es el cristianismo el cual se divide en un 48% protestante, un 24% católico y un 12% perteneciente a otros credos cristianos. Un 11% de la población profesa la religión musulmana [14].

4.6. Sanidad

El sistema sanitario público keniano es de baja calidad. En cambio, el sistema privado es de mejor calidad, pero los costes de asistencia pueden ser muy caros. En las zonas rurales no hay hospitales únicamente hay dispensarios.

La esperanza de vida en 2017 subió a los 67,29 años respecto al 2007 que se encontraba en 58,78 años. Los habitantes de Kenia tienen una esperanza de vida muy baja comparada con el resto de los países del mundo. Cabe destacar que la esperanza de vida de las mujeres (69,67 años) es mayor que la de los hombres (64,92 años) [15].

4.7. Clima

Es de gran relevancia conocer el clima en Kenia, concretamente las precipitaciones, las temperaturas medias y las horas de sol para el estudio detallado de las posibles alternativas del abastecimiento de agua y de energía.

El clima en Kenia es muy variable dependiendo de la altitud del terreno y de la zona geográfica que se encuentre la zona estudiada. Kima está situada a muy próxima a la línea del ecuador. Este hecho provoca que en este territorio las temperaturas durante todo el año no varíen en exceso. Al encontrarse cerca del lago Victoria hace que el clima acostumbre a ser húmedo. Concretamente, Kima posee un clima tropical. Este clima se debe al ángulo de incidencia de radiación solar en la tierra que tiende a ser casi perpendicular al suelo provocando temperaturas altas y humedad elevada ante el flujo de evaporación del suelo que también es alto.



Ilustración 7. Mapa de Kenia con la línea del ecuador (7).

Los datos mostrados a continuación están calculados en el aeropuerto de Kisumu que se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros de Kima, el pueblo donde está situado el colegio Kipepeo. Se ha estudiado el clima allí debido a que no era posible encontrar datos sobre el clima en Kima y al estar tan cerca se considera que el clima será prácticamente el mismo.

Como se puede observar en el siguiente gráfico las temperaturas oscilan entre los 18 °C y los 31 °C, con apenas una diferencia de 13 °C entre temperatura máxima y mínima. Kima es una zona con temperaturas elevadas las cuales se mantienen bastante constantes durante todo el año. Los meses más calurosos son febrero y marzo y los más frescos de abril a agosto.

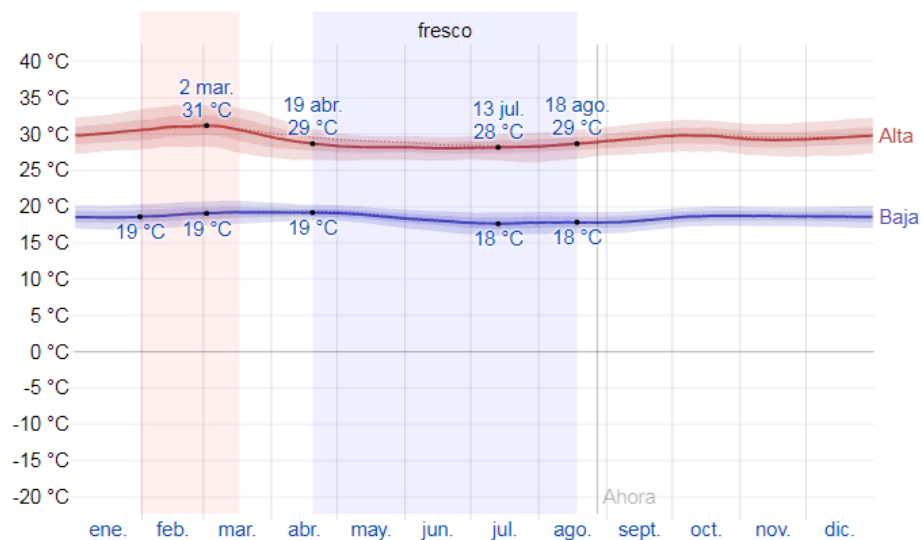


Ilustración 8. Gráfico con el promedio de las temperaturas máximo y mínima (8).

Al situarse en el ecuador, las precipitaciones son constantes e intensas a causa de las bajas presiones. La zona de bajas presiones recibe el nombre de zona de convergencia intertropical donde se produce el encuentro de los vientos fríos de un hemisferio con los cálidos del otro.

Los meses en los que hay mayor probabilidad de precipitación son desde marzo hasta noviembre. Siendo diciembre, enero y febrero los meses más secos. Abril y noviembre son los meses en los que la cantidad de precipitación es mayor, alcanzando los 250mm en abril. Se considera un día mojado cuando hay por lo menos 1 mm de precipitación por día.



Ilustración 9. Gráfico con la probabilidad diaria de precipitación (8).

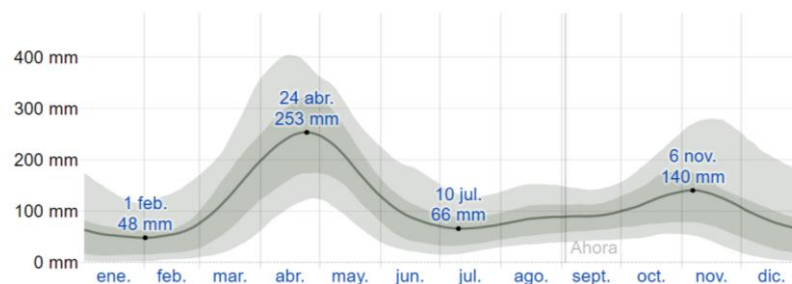


Ilustración 10. Gráfico con la precipitación de lluvia mensual promedio (8).

Las horas de luz natural se mantienen prácticamente constantes durante todo el año alcanzando las 12 horas durante todos los meses. El sol sale aproximadamente sobre las 6 de la mañana y anochece sobre las 6 de la tarde. Cada día tiene unas 7 o 8 horas de luz del sol. En la ilustración 11 se puede apreciar las horas de luz natural y las de crepúsculo. La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible es la línea negra. De abajo (zona amarilla) hacia arriba (zona gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total [16].

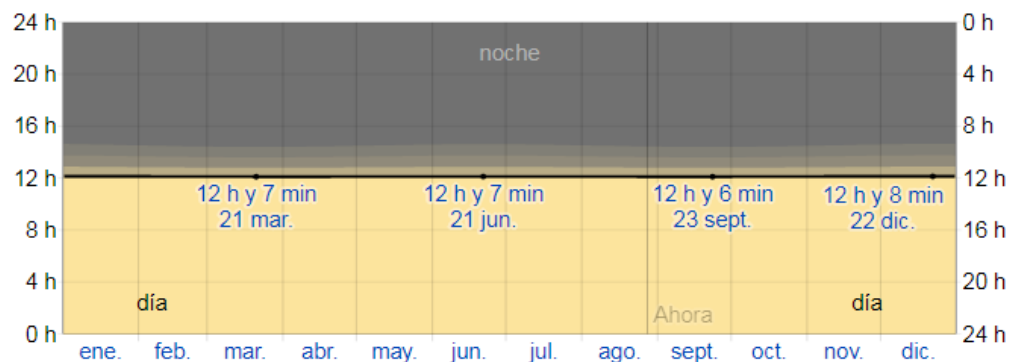


Ilustración 11. Gráfico con las horas de luz natural y crepúsculo (8).

4.8. Acceso a la energía

El sector energético de África es vital para su desarrollo futuro y, sin embargo, no está tan desarrollado dentro del sistema energético mundial. El continente es enorme en escala, alrededor del tamaño de los Estados Unidos, China, India y Europa combinados, y, aunque tiene recursos energéticos más que suficientes para satisfacer las necesidades domésticas, más de dos tercios de su población no tiene acceso a la energía. Aquellos que tienen acceso a ella, a menudo afrontan precios altos por un suministro de baja calidad y dependen de un sistema subdesarrollado que no es capaz de satisfacer sus necesidades. El desarrollo efectivo de los recursos energéticos de África, y del sector energético en su conjunto, podría desbloquear enormes ganancias en toda la economía. Muchos gobiernos están intensificando sus esfuerzos para abordar las numerosas regulaciones y barreras políticas que están frenando la inversión en el suministro de energía doméstica, pero la escasez de infraestructura eléctrica esencial está socavando los esfuerzos para lograr un desarrollo social y económico más rápido.

En África unos 600 millones de personas viven sin electricidad, casi dos terceras partes de la población. Entre la población que tiene acceso a la red eléctrica tan solo un 9% se encuentra en las zonas rurales de África subsahariana, zona geográfica ubicada al sur del desierto de Sahara. Como se puede observar en el mapa que se muestra a continuación, Kenia se encuentra entre los países que forman el África subsahariana [17].



Ilustración 12. Países que forman el África subsahariana (9).

El África subsahariana es rico en recursos energéticos pero pobre en suministro de energía, cuando se trata de energía eléctrica. La amplia disponibilidad de esta energía es fundamental para el desarrollo de una región que representa el 13% de la población mundial, pero solo el 4% de su demanda de energía. Desde el 2000, el África subsahariana ha experimentado un crecimiento económico rápido y el uso de la energía eléctrica ha aumentado un 45%.

El suministro a menudo no es fiable, lo que requiere un uso privado extenso y costoso de generadores de respaldo que funcionan con diésel o gasolina. Las tarifas de electricidad son, en muchos casos, entre las más altas del mundo y, fuera de Sudáfrica, las pérdidas en redes de transmisión y distribución mal mantenidas son el doble del promedio anual.

Las áreas urbanas experimentan la mayor mejora en la cobertura y confiabilidad del suministro centralizado de electricidad. En otros lugares, los sistemas de mini-red y fuera de la red proporcionan electricidad al 70% de los que tienen acceso en las zonas rurales.

En sociedades que sufren pobreza energética, como Kenia, el primer paso para evaluar la demanda de energía futura es medir hasta qué punto la población de la región carece de acceso a la energía moderna. Este problema es crítico para muchos otros aspectos de este estudio, como el suministro de electricidad, el uso de biomasa sólida, la deforestación y la evaluación del fuerte impacto social y económico positivo que un acceso más amplio y mejor a la energía moderna puede proporcionar. La Agencia Internacional de Energía (AIE) recopila datos completos del sector energético, cubriendo todos los aspectos de la energía subsahariana, incluye una actualización completa de su base de datos de acceso a la energía, que estima poblaciones nacionales, urbanas y rurales sin acceso a la electricidad [18].

4.8.1. Acceso a la electricidad

África subsahariana tiene más personas que viven sin acceso a la electricidad que cualquier otra región del mundo. También es la única región del mundo donde la cantidad de personas que viven sin electricidad está aumentando, ya que el rápido crecimiento de la población está superando los muchos esfuerzos positivos para proporcionar acceso. Concretamente en Kenia, su creciente y dispersa población presenta dificultades para la electrificación. Sin embargo, se ha ampliado la conexión a la red de suministro eléctrico con los años, ha aumentado de un 23% en el año 2012 a un 70% en 2017. La mayor parte del suministro de

electricidad proviene de centrales hidroeléctricas; las instalaciones geotérmicas junto con una planta a petróleo en la costa cumplen con el resto de la demanda.

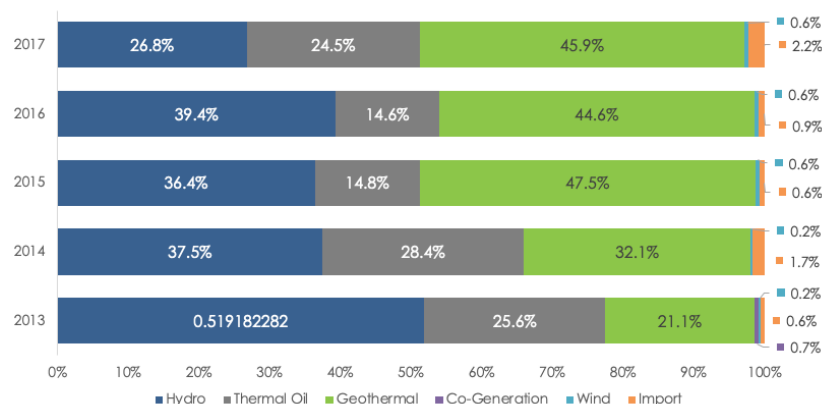


Ilustración 13. Evolución del suministro de electricidad en Kenia (2013-2017) (10).

A partir de este gráfico, se puede observar como la producción de la generación hidroeléctrica ha ido disminuyendo en los últimos años; representando una participación del 51,9% en 2013 pero disminuyendo el porcentaje considerablemente a 26,8% en 2017. Sin embargo, la generación geotérmica ha ido asumiendo protagonismo como mayor productor de electricidad hasta alcanzar una participación del 45,9% en 2017.

Para aquellos que tienen acceso a electricidad en el África subsahariana, el consumo promedio de electricidad residencial per cápita es de 317 kWh por año. El consumo per cápita es significativamente menor en las zonas rurales, generalmente el rango está entre 50 y 100 kWh por año. Para un hogar de cinco personas, un consumo anual de 50 kWh por persona podría, por ejemplo, permitir el uso de un teléfono móvil, dos bombillas fluorescentes y un ventilador durante cinco horas al día. En las zonas urbanas, los hogares generalmente poseen más electrodomésticos, como televisores, refrigeradores o calentadores de agua eléctricos.

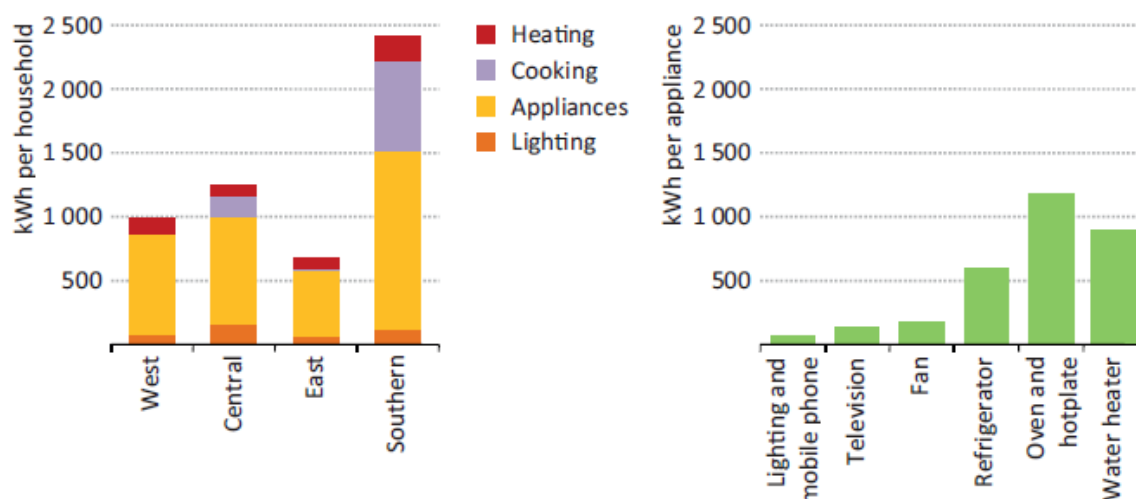


Ilustración 14. Consumo medio de electricidad por hogar en África subsahariana, 2012, y niveles indicativos de consumo por aparato (11).

Las tarifas eléctricas de los usuarios en muchas partes del África subsahariana no reflejan exactamente el coste del suministro de electricidad. Las tarifas son más altas que el costo promedio de generación (Ilustración 15) ya que se le añaden costes adicionales relacionados con pérdidas de transmisión y distribución. La inversión y el comercio minorista pueden agregar 60\$-100\$ por MWh al coste total del suministro de electricidad.

La mala calidad del suministro, los bajos ingresos de los hogares y las altas pérdidas de transmisión y distribución son obstáculos para la plena recuperación de costes. Dichos precios sirven para disuadir mayores niveles de inversión en el sector eléctrico. Aun así, las tarifas de electricidad subsahariana, aunque varían según el país y el tipo de cliente, se encuentran en muchos casos entre los más altos del mundo. En Kenia, las tarifas de electricidad subsahariana están entre 150-210 \$/MWh. En comparación, las tarifas de electricidad en América Latina, Europa del Este y Asia Oriental están alrededor de 80 \$/MWh. La incapacidad de establecer tarifas de electricidad a niveles que reflejen tanto los costes como un retorno razonable del capital es un obstáculo importante a la sostenibilidad a largo plazo de muchas empresas de servicios públicos en el África subsahariana [18].

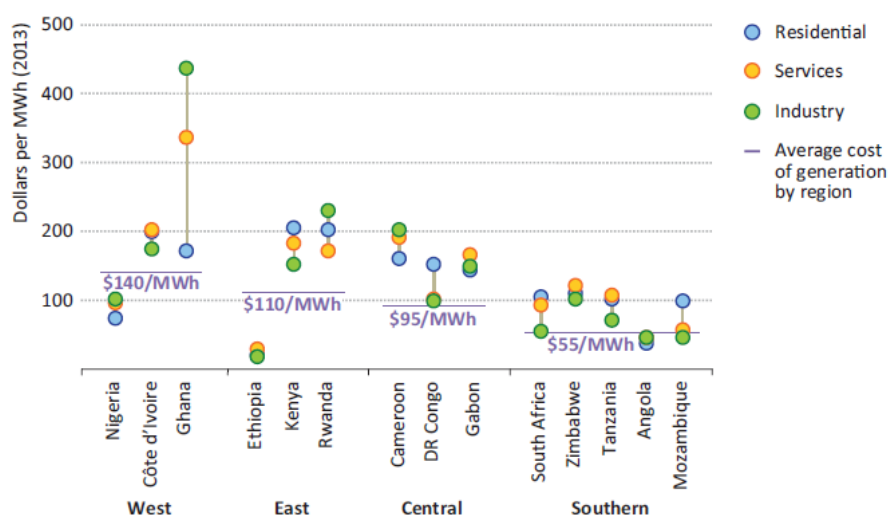


Ilustración 15. Precios de la red eléctrica por sector, 2013 (11).

En la ilustración 15 se muestran los precios promedio de la red eléctrica por sector (residencial, servicios e industria). En el eje horizontal hay algunos países del oeste, este, sur y África central, en cambio, el eje vertical indica la leyenda de dólares por MWh en el año 2013.

Actualmente en Kenia, la empresa estatal Kenya Electricity Generating Company (KenGen), establecida en 1997 bajo el nombre de Kenya Power Company, es la que se encarga de la generación de electricidad, mientras que Kenya Power and Lighting Company (KPLC), que está en vías de privatización, se ocupa de la transmisión y distribución.

Estas empresas citan con mayor frecuencia el suministro inadecuado de electricidad como una limitación importante para su operación efectiva. Es un problema generalizado que afecta tanto a los países con grandes recursos energéticos domésticos como a los que tienen pocos recursos. El suministro de energía insuficiente e inferior tiene un gran impacto en la productividad de las empresas africanas.

A continuación, en la ilustración 16, aparece un ejemplo con el que se ve claro las consecuencias negativas de la falta de infraestructura en el sector eléctrico. En promedio, se estima que el 5% de las ventas anuales de Kenia se pierden debido a cortes de electricidad, con pérdidas económicas muy altas. En esta ilustración, las barras azules indican las pérdidas de ventas debido a los cortes de electricidad y los rombos amarillos la duración de estos cortes. El eje vertical de la izquierda indica el porcentaje anual de estas pérdidas, en

cambio, el de la derecha, indica las horas por año. En el eje horizontal aparecen algunos países de África [19].

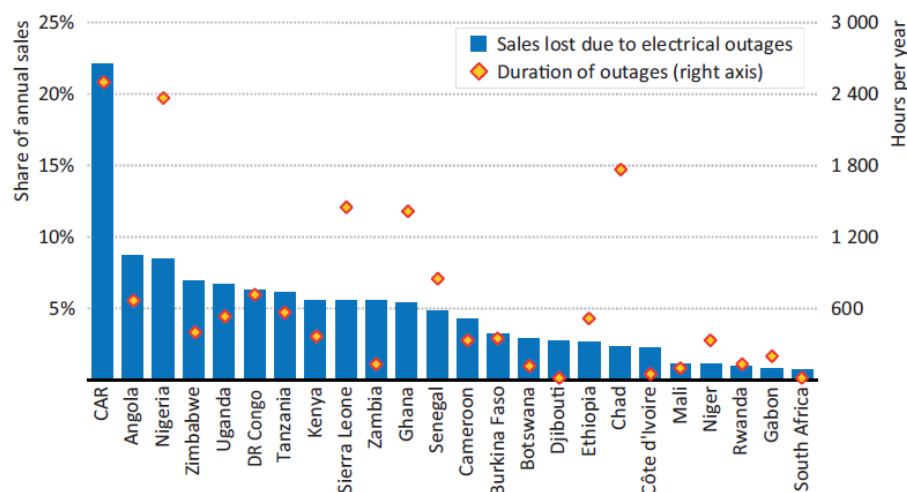


Ilustración 16. Duración de los cortes eléctricos e impacto en las ventas comerciales (11).

4.8.2. Acceso a las instalaciones de cocina

El uso tradicional de la biomasa para cocinar trae consigo varios resultados sociales y de salud negativos, como la contaminación del aire interior y la tarea de recolección de combustible que requiere mucho tiempo y es físicamente exigente. En la siguiente ilustración se puede ver como Kenia está dentro de los países del África Subsahariana que todavía hace uso de la práctica común de la biomasa sólida para cocinar.

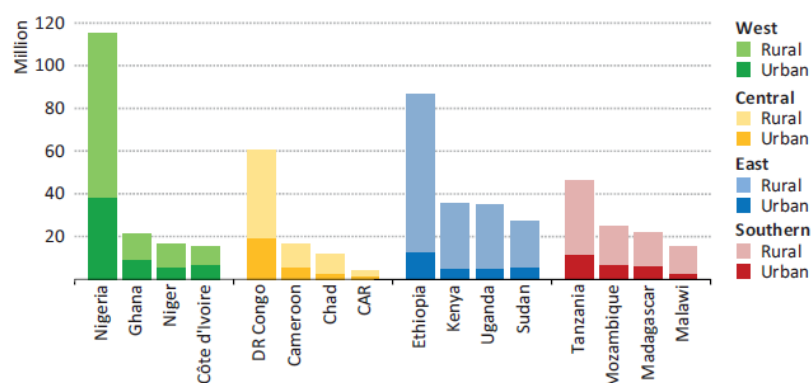


Ilustración 17. Las poblaciones del África subsahariana por subregión que dependen del uso tradicional de biomasa sólida para cocinar, 2012 (11).

Casi 40 millones de personas en Kenia dependen del uso tradicional de biomasa sólida para cocinar típicamente con estufas ineficientes en espacios mal ventilados. Casi las tres cuartas partes de las personas que dependen de la biomasa sólida para cocinar viven en áreas rurales y a menudo dedican horas de cada día a recolectar leña. Una transición a combustibles y electrodomésticos de cocina más limpios no es sencilla; los medios para cocinar son típicamente en forma de una estufa de biomasa sólida mejorada o una estufa que utiliza combustibles alternativos (más limpios), como GLP, gas natural, biogás o electricidad. Mientras que las estufas mejoradas de biomasa sólida son más eficientes que los incendios tradicionales de tres piedras y producen menos emisiones, no se han demostrado que ofrece beneficios para la salud comparables a los logrados mediante el uso de combustibles alternativos.

Alrededor del 80% de la demanda de energía residencial en África subsahariana es para cocinar. Esto se debe principalmente a que los hogares priorizan la energía para cocinar (e iluminar) dentro de presupuestos muy restrictivos y la baja eficiencia de las estufas utilizadas (típicamente 10-15% de eficiencia para un fuego de tres piedras, en comparación con 55% para una estufa de GLP). La cantidad de leña consumida por los hogares tiene un gran impacto en las estimaciones del uso de la biomasa sólida. En Kenia el consumo medio es aproximadamente de 1.2 kg por persona y por día (Ilustración 18).

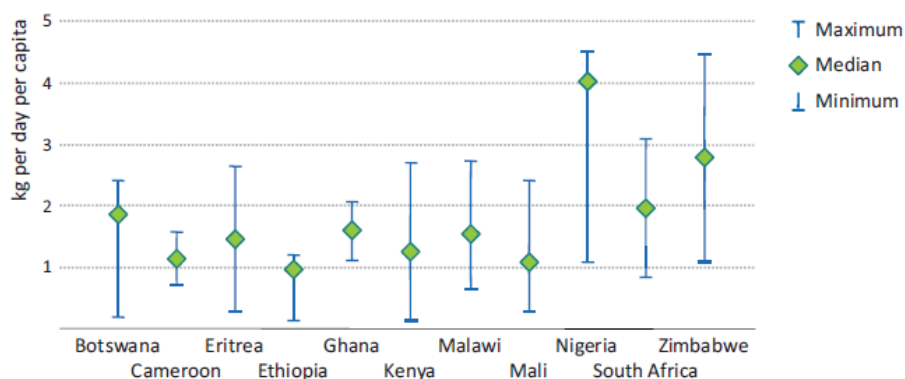


Ilustración 18. Consumo de leña por cápita y por día (11).

A diferencia de las zonas rurales, donde el uso de la biomasa sólida es casi exclusivo para cocinar, las zonas urbanas utilizan más diversidad de combustibles. La biomasa sólida sigue siendo muy común, pero existe una mayor tendencia a usar carbón vegetal ya que tiene un mayor contenido de energía y es más fácil de transportar que la leña. En la ilustración 19 se

puede observar como el uso de queroseno, de GLP y gas natural también es común en las zonas urbanas Kenia (Este de África) [19].

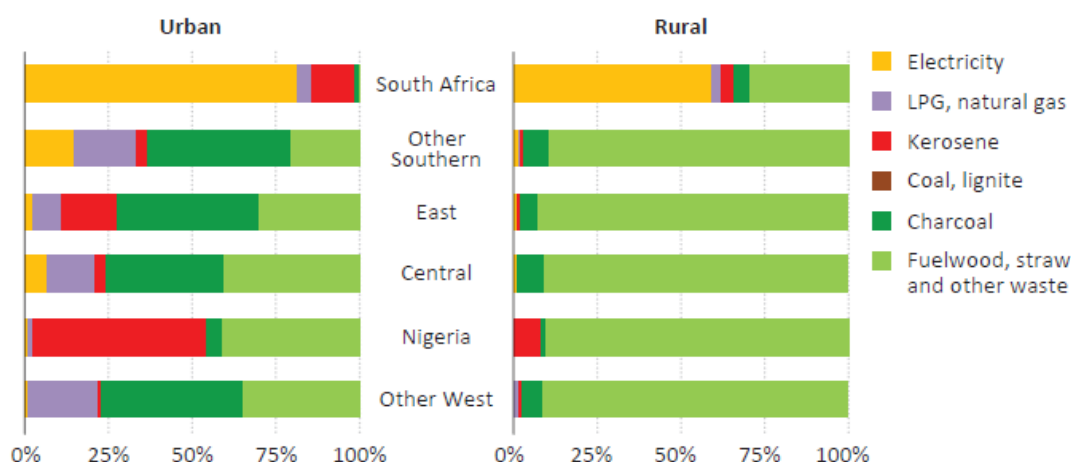


Ilustración 19. Combustible utilizado en los hogares para cocinar (11).

4.9. Acceso al agua y al saneamiento

África parece una zona árida y seca debido a que la mitad de su superficie es ocupada por desiertos. Sin embargo, un estudio reciente realizado por investigadores del Reino Unido y publicado en la revista *Environmental Research Letters* afirma que los acuíferos contienen cantidad suficiente para solucionar el problema de la sequía [20].

Una de las investigadoras, Helen Bonsor, subraya que “hay suficiente agua subterránea en África para centrarse en la perforación superficial y con eso suplir la demanda”. Los investigadores llegan a las siguientes dos conclusiones:

- Existen reservas 100 veces superiores a la cantidad de agua que se encuentra en la superficie.
- La perforación a gran escala de pozos podría ser un grave inconveniente.

La escasez de agua en África es un gran problema que genera graves consecuencias. El cambio climático también agrava la escasez de agua y complica un poco más el acceso al agua potable. Muchas personas tienen que caminar varios kilómetros para encontrar agua en un río para cubrir sus necesidades básicas: beber, cocinar, lavarse y alimentar a sus

animales. La mayoría de estas personas son mujeres y niñas [21].

Según la ONU, se calcula que se gastan aproximadamente 40.000 millones de horas cada año para recoger y transportar agua en toda África [22].



Ilustración 20. Niños transportando el agua recogida del río (12).

Actualmente, en el África subsahariana solo el 24% de las personas tienen acceso a agua potable y el 28% a instalaciones de saneamiento básico, no compartidas con otros hogares [23]. En 2002, estadísticas proporcionadas por la ONU, aseguraban que 258 millones de africanos no tenían posibilidad de acceder al agua potable [24].

Si se solucionara el problema del agua serían posibles una agricultura y una vida más sostenible. Los niños irían a la escuela en lugar de ir a buscar agua y las mujeres podrían trabajar. También disminuirían las enfermedades y se reduciría de forma muy importante el absentismo escolar y con ello mejoraría el rendimiento académico. En consecuencia, se daría un paso hacia adelante para romper el ciclo de la pobreza.

Por otra parte, la OMS ha anunciado que en numerosas ocasiones hay una relación directa entre las enfermedades diarreicas con el acceso al agua potable [25]. Las enfermedades diarreicas son la segunda causa de muerte en los niños menores a cinco años [26]. Se calcula que más de 340.000 niños menores de cinco años mueren cada año debido a estas enfermedades y esto es causado por un mal saneamiento [27]. También es importante mencionar que alrededor de unos 161 millones de niños sufren retraso de crecimiento o malnutrición crónica debido a todo esto [28].

Con la mejora del abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene se podrían evitar unas 842.000 muertes cada año [29]. Según un estudio realizado por la Universidad de Navarra, en los últimos años el acceso a fuentes de agua en Kenia ha aumentado en las zonas rurales. Sin embargo, ha decaído en el caso de las zonas urbanas. Esto es debido a que la población en las zonas urbanas ha crecido desproporcionadamente hasta duplicarse en ciudades como Nairobi y Mombasa. Por otra parte, en las zonas rurales el crecimiento ha sido lento y constante, permitiendo de esta manera la mejora de infraestructuras [30].

Muchas escuelas, especialmente en zonas rurales, carecen completamente de agua potable y de instalaciones sanitarias para el lavado de manos y cuando estas existen suelen ser inadecuadas en calidad y cantidad. Por lo tanto, la capacidad de los niños para aprender puede ser afectada. Las niñas y las maestras son las más afectadas en estos casos debido a que no pueden asistir a la escuela durante la menstruación por la falta de instalaciones sanitarias.

4.9.1. Situación en Kima

Los habitantes de Kima consiguen agua de los arroyos y de los manantiales de agua naturales cercanos. Son las mujeres y los niños los encargados de ir a buscar el agua y transportarla en barriles que sujetan con sus cabezas.

No tienen tanques ni pozos ya que la construcción de estos es muy cara y la mayoría de la población no puede costearlo. Exceptuando el colegio Bunyore Girls School que ha construido recientemente un pozo para conseguir el abastecimiento de agua potable de sus alumnas.

5. PRESENTACIÓN DEL COLEGIO KIPEPEO

El nombre del colegio es Kipepeo Community Education Centre (KCEC) y está situado en Kima, Luanda, que es un sub condado de Vihiga y se encuentra a unos 28 km de Kisumu. El colegio se financia gracias a Kipepeo Community Empowerment Program (KCEP); organización comunitaria cuyos objetivos son construir comunidades sostenibles y aldeas prósperas en su país, con la intención de mejorar los estándares y calidad de vida de las personas que habitan en ellas.

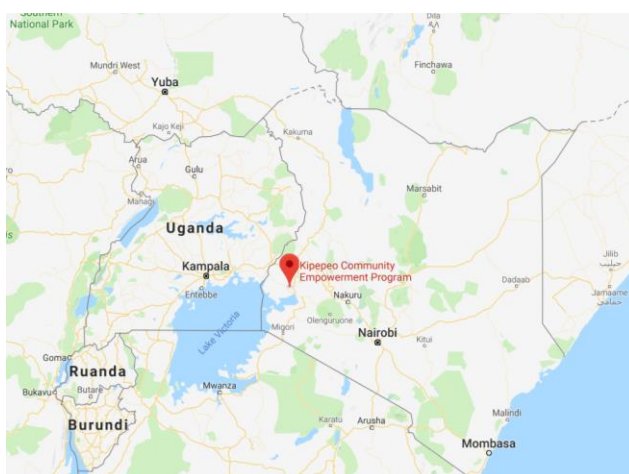


Ilustración 21. Mapa de la localización del colegio Kipepeo (13).

Esta organización no gubernamental; es decir, independiente del gobierno, no tiene fines de lucro y surgió en octubre de 2009 para dirigir diferentes iniciativas de desarrollo impulsadas por la comunidad. Entre las iniciativas que KCEP lleva a cabo, se encuentra el colegio de Kipepeo cuyo objetivo es proporcionar educación a todos aquellos niños que no tiene el acceso a ella.

Este colegio pertenece a la organización KCEP nombrada anteriormente y está financiado por los donativos que recibe esta ONG. Las familias tienen que comprar el uniforme y libros para escribir ya que los libros de texto y el material para estudiar los proporciona el colegio. Los padres cuya condición económica se lo permite, pagan unas tasas que corresponden aproximadamente a 80 euros al año; sin embargo, aquellas familias que no pueden permitirse pagar tanto depositan la cantidad que les es posible y Kipepeo se hace cargo del resto.

El colegio cuenta actualmente con 76 alumnos de los cuales 30 son chicos y 46 chicas. Las edades de los alumnos se encuentran entre los tres y los doce años. El colegio está compuesto por siete clases en las cuales se divide a los niños por edades y capacidades, una cocina, una sala de profesores y dos agujeros situados en el patio del colegio donde los niños hacen sus necesidades. Las asignaturas que los profesores imparten son swahili, inglés, matemáticas, ciencias sociales, ciencias naturales y religión. El horario escolar empieza a las ocho de la mañana y acaba a las cinco de la tarde. En Kenia el castigo corporal todavía es legal, a diferencia de España, y en este colegio no se hace ninguna excepción. En algunas ocasiones que se considera necesario se sigue recurriendo a la tradicional enseñanza magistral que consiste en castigos físicos como, por ejemplo, azotar la mano de los niños con una regla.



Ilustración 22. Foto grupal de todos los alumnos y profesores del colegio Kipepeo (14).

5.1. Condiciones actuales del colegio Kipepeo

Hoy en día, el colegio Kipepeo carece de electricidad, abastecimiento de agua y zonas de aseo. El baño de la escuela está compuesto por dos agujeros en el campo. Las aulas son de una sencillez y pobreza inimaginables, y tanto la ventilación como la luz son inadecuadas. Las paredes y el suelo son de barro y presentan gran cantidad de polvo. El pavimento en algunas ocasiones no es del todo llano y presenta algún que otro bache perceptible.



Ilustración 23. Aula del colegio Kipepeo (14).

La cocina, de tan solo 4m², presenta unas condiciones similares a las de las aulas. Los lunes, miércoles y viernes alimentan a los alumnos con ugali con col; plato típico del este de África considerado un alimento básico y elaborado con harina de maíz hervida y una especie de gachas. En cambio, los martes y jueves les sustentan con alubias con maíz. Para muchos, es la única comida al día que reciben.



Ilustración 24. Plato de alubias con maíz, alimento de los alumnos (14).

5.1.1. Electricidad

La escuela no dispone de ningún tipo de electricidad; las aulas carecen de luz y de enchufes, la cocina no cuenta con pequeños electrodomésticos que facilitan cocinar ya que tampoco dispone de enchufes. Si los días son soleados y la luz entra en las aulas hay luz suficiente para que los niños puedan estudiar adecuadamente, pero, en los días nublados, la escasa iluminación afecta su salud con fatiga, falta de concentración y productividad, baja atención y desánimo. Se le suma el hecho de que los alumnos tienen que forzar más la vista al leer y escribir, acto que les perjudica la vista.

En la siguiente ilustración se aprecia la escasa iluminación en un aula del colegio Kipepeo.



Ilustración 25. Escasa iluminación en un aula del colegio Kipepeo (14).

5.1.2. Agua

Actualmente, el colegio Kipepeo padece la falta de servicios básicos de suministro de agua. Los profesores del colegio acuden al arroyo cercano, situado a un 1 km del colegio, en búsqueda de agua y la almacenan en depósitos de plástico de 100 litros. Esta agua no está tratada y, por lo tanto, no es potable. Se utiliza para las siguientes funciones:

- Lavar las manos de los niños antes de comer. Como la cantidad de agua es limitada, se pone un poco de agua en un cubo y los niños meten las manos para limpiárselas. Cuando el agua llega a un nivel de suciedad muy elevado se renueva. Para un total de 76 alumnos se cambia unas dos o tres veces.



Ilustración 26. Lavado de manos antes de comer (14).

- Para cocinar. Aunque el agua no sea potable, al hervirla se eliminan los componentes que podrían contaminar los alimentos que en ella se cocinan.
- Para limpiar el suelo de las clases. Al ser el suelo de tierra si no se echa agua se llena de bacterias. Como muchos alumnos tienen los zapatos rotos esto hace que cojan varias enfermedades.

Los alumnos no se lavan bien las manos ni después de ir al baño, ni antes de comer, esto supone una falta de higiene ya que comen con las manos. Debido a que el agua que recibe el colegio es no potable los alumnos no beben durante todo el día.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

6.1. Abastecimiento energético en el colegio Kipepeo

Previamente se han identificado una serie de necesidades energéticas a cubrir en el colegio Kipepeo. Estas necesidades son principalmente la iluminación de los espacios cerrados como las aulas y la cocina; por lo tanto, será necesaria una instalación de generación eléctrica. El objetivo de esta instalación eléctrica es equipar las clases con bombillas o algún sistema similar para conseguir iluminación. Ya que las bombillas suponen un consumo energético bajo, no hará falta abastecer el colegio con grandes cantidades de energía.

Adicionalmente, se quiere instalar enchufes por si se necesita conectar cualquier equipo electrónico como puede ser un ordenador, un teléfono móvil o una nevera.

6.1.1. Alternativa electrificación rural con energía solar fotovoltaica

Un panel solar fotovoltaico es aquel dispositivo que capta la energía de la radiación solar y la convierte en electricidad. Un panel fotovoltaico está formado por numerosas celdas, células fotovoltaicas, que convierten parte de la luz en electricidad. Por efecto fotovoltaico, la energía solar produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión y otra parte por transmisión. El resto de la radiación solar es capaz de hacer saltar los electrones de la capa de valencia a la capa de conducción creando una corriente eléctrica. Esta corriente se extrae por medio de unos contactos metálicos colocados sobre la célula solar.

La cantidad de energía obtenida de una célula fotovoltaica (FV) para una tecnología FV concreta depende del ángulo de incidencia de la radiación solar sobre esta, obteniendo un mejor resultado cuando impacta sobre una superficie perpendicularmente [31].

6.1.1.1. Características de la energía solar fotovoltaica

El uso de la energía solar presenta, por un lado, muchas ventajas por ser una energía renovable y abundante. Gracias a que se trata de una fuente inagotable su disponibilidad es muy amplia. La energía solar no contamina la atmósfera ni el agua, no produce gases de

efecto invernadero y tampoco presenta contaminación acústica ya que su generación es silenciosa.

Además, a la hora de desmontar un panel, se crean muy pocos residuos. Hasta el 95% de un panel puede ser reciclado y, por lo tanto, sus consecuencias medioambientales son muy bajas. A veces, en un sistema fotovoltaico autónomo, aparecen otros equipos como las baterías que sí son contaminantes [32].

Otra ventaja que esta energía presenta es que no requiere ocupar ningún espacio adicional ya que se puede instalar en los tejados de las casas y en edificios. Los sistemas que se utilizan son de fácil mantenimiento y además se trata de un sistema modular que puede ser ampliable con el tiempo [33].

Pero no todo son ventajas, ya que la instalación de un sistema de paneles solares FV supone un coste de inversión significativo, especialmente en entornos rurales y aislados. El tiempo de recuperación de la inversión puede variar mucho dependiendo del tipo de explotación, tecnología FV utilizada, potencia instalada, etc. Mientras grandes plantas FV pueden presentar tiempos de retorno de la inversión de 2 años, instalaciones aisladas y en entornos rurales puede alcanzar los 6-10 años. Teniendo en cuenta que la vida útil de esta tecnología se sitúa en los 30 años, en cualquier caso, se espera una recuperación de la inversión en tiempos muy inferiores a la vida útil del sistema [34].

6.1.1.2. Componentes de un sistema fotovoltaico

Los componentes necesarios para un sistema fotovoltaico autónomo son los módulos fotovoltaicos, la estructura soporte, las baterías, el regulador de carga y los inversores CC/CA y CC/CC [35].



Il·lustració 27. Esquema de un panel solar fotovoltaico (15).

- **Módulos fotovoltaicos**

La tecnología basada en silicio (la más común y la generalmente utilizada en entornos aislados y rurales) presenta células mono-cristalinas, multi-cristalinas o de silicio amorfo. Su eficiencia aumenta con la cristalinidad de la célula, estando comprendida entre el 14 y el 18%, generalmente. El coste, peso y espesor también aumentan con la eficiencia [36].

- **Estructura soporte.**

Hay diferentes tipos de estructuras de soporte, entre los cuales se encuentran los de suelo, poste, pared y tejado. Esta estructura ha de ser resistente y proporcionar la orientación precisa y la inclinación necesaria. En instalaciones aisladas y rurales la orientación del panel a la hora de la instalación se lleva a cabo teniendo en cuenta el ángulo de inclinación (β) para optimizar la captación del mes peor.

$$\beta_{\text{opt}} = \text{latitud} + 15^\circ$$

- **Baterías**

Tienen la necesidad de acoplar la generación y la demanda, y normalmente trabajan a tensiones de salida de 12, 24 o 48 V. En la tabla 1 se hace una comparación de los diferentes tipos de baterías más comunes.

Tabla 2. Comparación entre tipos de baterías.

| Tipo | Energía/peso | Tensión | Duración | Tiempo de carga |
|--------|---------------|---------|----------|-----------------|
| Plomo | 30-50 Wh/kg | 2 V | 1.000 | 8 - 16h |
| Ni-Cd | 48-80 Wh/kg | 1,25 V | 3.000 | 10 - 14h |
| Li-ion | 110-160 Wh/kg | 3,16 V | 4.000 | 2 - 4h |
| Li-Po | 100-130 Wh/kg | 3,70 V | 5.000 | 1 - 1,5h |

Por un lado, las baterías de plomo son las más utilizadas ya que son las más baratas y presentan un diseño robusto, aunque también son las más frágiles y poseen baja potencia. Por otro lado, las baterías de litio presentan una eficiencia alta (95%), buen ciclo de vida y mayores potencias, pero también son más caras. Para garantizar la seguridad del funcionamiento las baterías tienen que estar ubicadas en un espacio ventilado y con acceso restringido.

- **Regulador de carga**

La función principal del regulador de carga es proteger a la batería de las situaciones extremas de sobrecarga y sobredescarga para no dañarla. Además, proporciona información del sistema y se desconecta si descargamos mucho la batería.

- **Inversores CC/CA y convertidores CC/CC**

Los inversores CC/CA convierten la corriente continua en corriente alterna para cargas resistivas o para otro tipo de aplicaciones como son los motores. Hay dos tipos de inversores CC/CA: los de onda cuadrada y los de onda sinusoidal. Los primeros son más baratos y se suelen utilizar para usos básicos de iluminación. Los convertidores CC/CC transforman la corriente continua en otra de diferente valor. Sirven para la alimentación de móviles, ordenadores, etc. desde una batería. También hay equipos de iluminación en CC que nos permiten trabajar directamente desde la batería en CC.

6.1.1.3. Irradiación solar como recurso energético

África está considerada el “continente del sol” y es que este continente recibe un número de horas de sol durante el transcurso del año muy superior al de cualquier otro continente de la Tierra. La causa del gran potencial solar de África se debe al factor geográfico. La baja latitud de la masa de tierra presenta un activo ya que en las zonas intertropicales la intensidad y la fuerza del sol siempre son altas. Concretamente, la ubicación ecuatorial de Kenia ofrece unas posibilidades excepcionales para la energía solar, con una radiación entre 1461 y 1826 kWh/m² durante todo el año como se puede ver en la siguiente ilustración. Si se compara con otro país como, por ejemplo, España, se puede observar que el potencial de energía oscila entre los 1000 y 1800 kWh/m². El rango de este último es mayor por el factor geográfico [37].

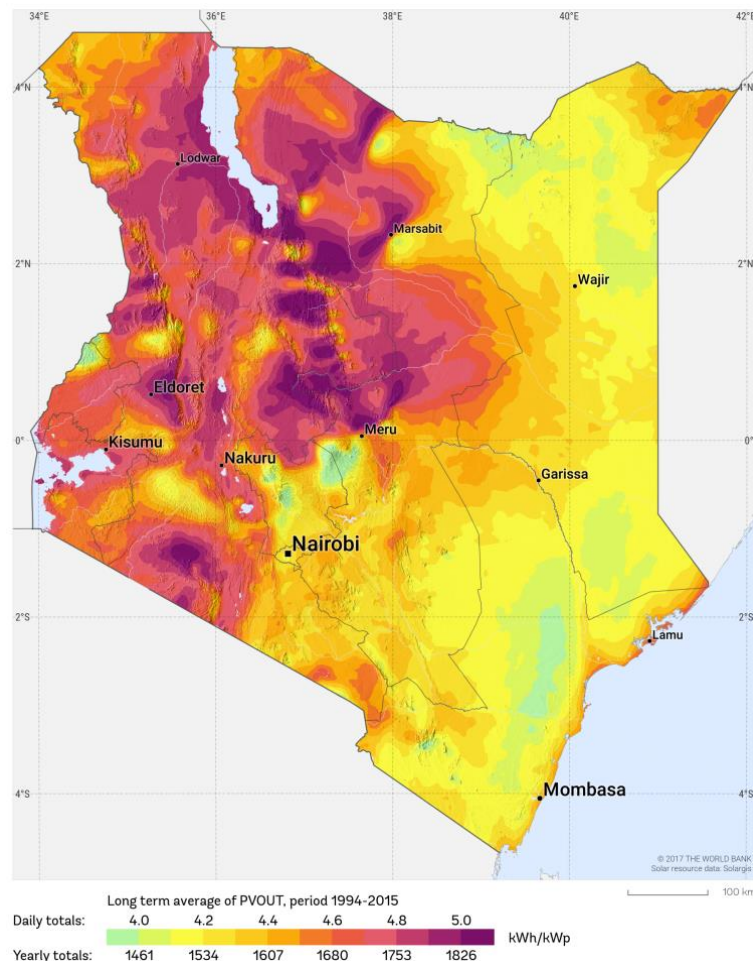


Ilustración 28. Potencial de energía fotovoltaica en Kenia (16).



Ilustración 29. Potencial de energía fotovoltaica en España (16).

Esto posiciona la radiación solar como una forma viable de llevar energía a casi cualquier lugar sin la necesidad de invertir en grandes infraestructuras. Se cree que la energía solar podría provocar en África un cambio tanto a nivel económico como a nivel social.

6.1.2. Alternativa de electrificación rural con energía mini-eólica

La energía mini-eólica es el aprovechamiento de los recursos eólicos mediante la utilización de aerogeneradores de potencia de salida inferior a los 50 kW. De acuerdo con las normas internacionales, los aerogeneradores de pequeña escala suelen tener un área de barrido que no supere los 200 m², siendo generalmente mucho más pequeños que este límite. Las tecnologías eólicas y, en particular, las pequeñas turbinas eólicas, ofrecen excelentes soluciones para electrificación rural. Se trata de turbinas con un diámetro inferior a los 15 metros. La mayoría tienen un diámetro de alrededor de 7 metros y una potencia de salida que oscila entre 1 kW y 10 kW.

6.1.2.1. Características de las mini turbinas eólicas

Esta tecnología cuenta con una serie de ventajas [38]:

- Permite el suministro de electricidad en lugares aislados y alejados de la red eléctrica.
- Genera energía de manera distribuida (micro-generación distribuida) reduciendo de este modo las pérdidas de transporte y distribución.
- Produce electricidad en los puntos de consumo, adaptándose a los recursos renovables y a las necesidades energéticas de cada lugar.
- Puede combinarse con fotovoltaica en instalaciones híbridas.

Las turbinas siempre se colocan elevadas sobre una estructura, preferiblemente superior a los 15 metros, ya que la velocidad del aire aumenta con la altura, y para alejarlos del flujo más turbulento del aire cerca del suelo. Para este propósito, los postes o las torres inclinadas son muy populares en los países en desarrollo, ya que son fáciles de instalar y ofrecen una buena accesibilidad para mantenimiento y reparación [39].

6.1.2.2. Componentes de un aerogenerador

Un aerogenerador de pequeña potencia está compuesto principalmente por el rotor, en el cual se convierte la energía cinética del viento en energía mecánica. Acoplado mecánicamente al rotor se encuentra el generador que es el responsable de convertir la energía mecánica en eléctrica normalmente de frecuencia y tensión variable. El timón o aleta de cola es básicamente el sistema de orientación. Estos componentes, como ya se ha comentado anteriormente, tiene que estar a una distancia del suelo y lo hacen mediante una estructura de soporte o torre. También hace falta un sistema de acondicionamiento de potencia que será un rectificador o convertidor CA/CC ya que las turbinas generan en CA.

Por último, todo aerogenerador de pequeña potencia debe tener un sistema de protección contra sobre-velocidad en caso de velocidades de vientos extremas.

Las turbinas eólicas se pueden diseñar de diferentes maneras, integrando diferentes números de palas, comúnmente de 1 a 3 palas, con horizontal o eje vertical, etc. En general, las turbinas eólicas horizontales de uso común tienen una mayor eficiencia que verticales, así como una mayor fiabilidad debido a un mejor equilibrio del rotor [40].

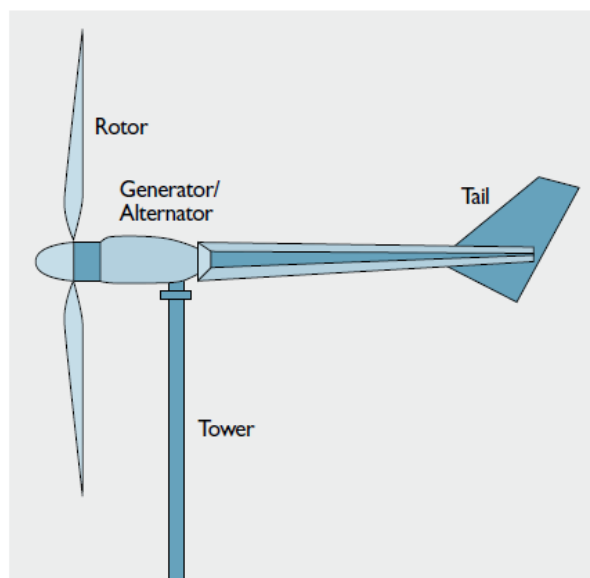


Ilustración 30. Partes de un aerogenerador (17).

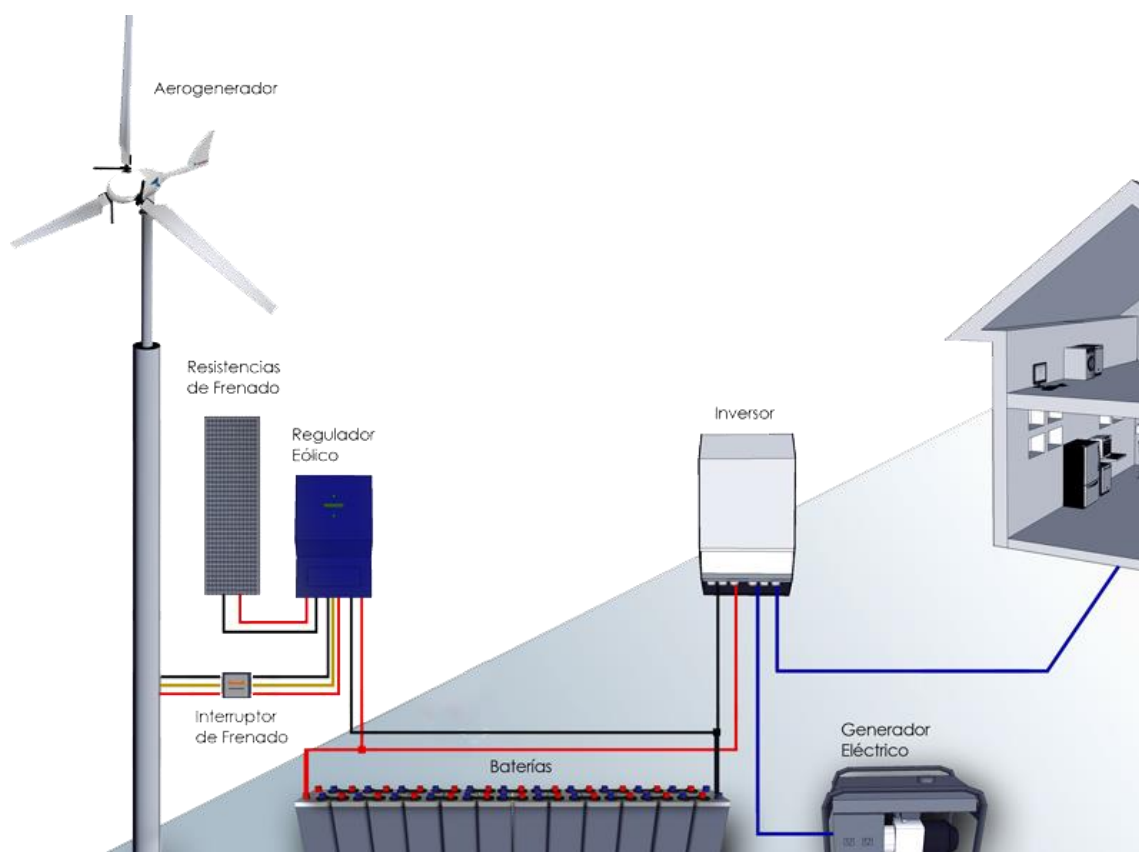


Ilustración 31. Esquema de una mini-eólica (18).

6.1.2.3. Viento como recurso energético

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones estacionales de los vientos. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar pero que suele empezar entre los 10 km/h y los 14,4 km/h, velocidad llamada "cut-in speed", y que no supere los 90 km/h, velocidad llamada "cut-out speed".

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora de Kisumu (28 km de Vihiga County) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; la velocidad instantánea y la dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

Como se puede apreciar en la Ilustración 32 la velocidad promedio del viento por hora en Kisumu tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura unos 4 meses, de noviembre a marzo, con velocidades promedio del viento de más de 9,1 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año es diciembre, alcanzando una velocidad del viento de 11,5 kilómetros por hora. El mes más calmado del año es mayo, con una velocidad promedio del viento de 6,7 kilómetros por hora.

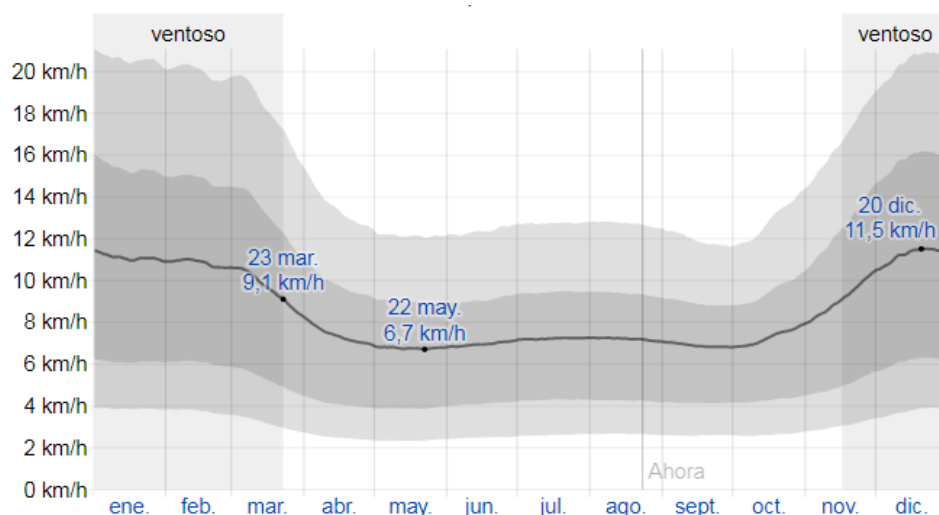


Ilustración 32. Velocidad promedio del viento por hora en Kisumu (8).

La velocidad del viento genera una potencia. En la siguiente ilustración aparece la curva de potencia de un aerogenerador. El gráfico indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador a diferentes velocidades del viento. La potencia se calcula con la ecuación

que aparece a continuación [41].

$$P = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Ecuación 1. Potencia eólica.

Donde:

- c_p : eficiencia
- ρ : densidad del aire (1.225 kg/m^3)
- A : área total del rotor
- v : velocidad del viento

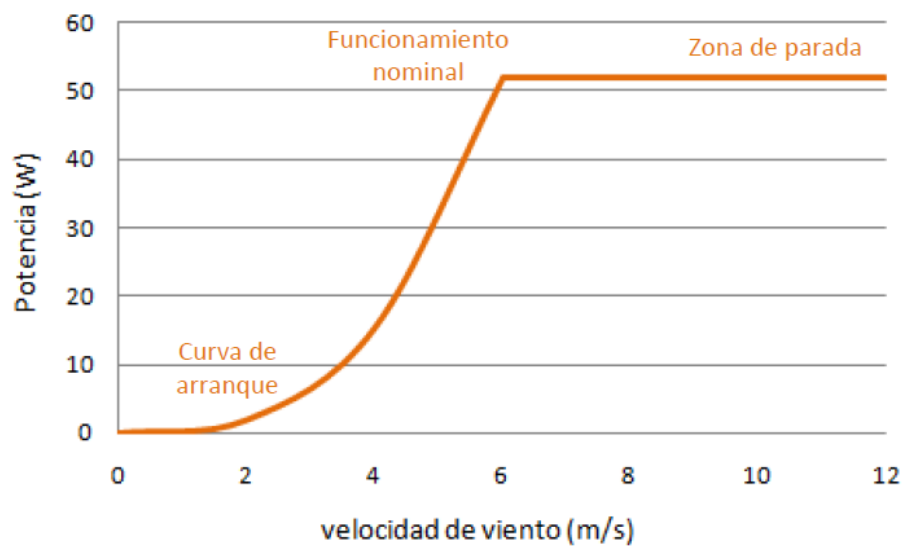


Ilustración 33. Curva de potencia de un aerogenerador (19).

A partir de la potencia, se puede obtener el consumo de energía multiplicando por el tiempo.

$$E[W \cdot h] = P[W] \cdot t[h]$$

Ecuación 2. Energía eólica.

6.1.3. Alternativa de electrificación rural con energía mini-hidráulica

La energía mini-hidráulica se obtiene canalizando el agua por unas tuberías allí donde se encuentre el salto de agua, llevándola hasta la central o haciéndola caer hasta la turbina. De esta manera, la presión ejercida sobre la turbina la convierte en electricidad. Se genera la energía eléctrica partiendo de la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica. Esto significa que el desnivel y el caudal determinan la potencia. Se suelen considerar presas mini-hidráulicas las que tienen una potencia inferior a 1 MW y unas dimensiones inferiores a 15 metros.

Las turbinas hidráulicas cubren un gran rango de capacidad desde 0.2 kW hasta 800 kW y, por lo tanto, puede proporcionar una solución adecuada para cada situación local, siempre que haya disponible un flujo de agua adecuado.

Las centrales hidroeléctricas se clasifican según la potencia y el tamaño. Entre las más comunes para la electrificación rural se encuentran las centrales pico y micro-hidráulicas; encargadas de suministrar electricidad a pequeñas comunidades o industrias rurales en áreas alejadas de la red eléctrica [42].

Tabla 3. Diferentes tipos de centrales hidroeléctricas.

| | RANGO DE POTENCIA KW) | TIPOS DE USOS |
|----------------------|-----------------------|--|
| Pico central | 0,2 -- 0,5 | Cargado de baterías |
| | 0,5 -- 1 | Uso familiar |
| | 1 -- 5 | Usos productivos o iluminación doméstica de pequeños grupos familiares (5 a 30 familias) |
| Micro central | 5 -- 20 | Provisión de servicios, usos productivos y atención a pequeños grupos familiares (30 a 100 familias) |
| | 20 -- 100 | Demandas para electrificación de pequeños centros poblados (50 a 300 familias) |

6.1.3.1. Características de las mini-centrales hidroeléctricas

Las pequeñas centrales, a diferencia de las grandes centrales, son las que se utilizan en la electrificación rural. Estas se pueden construir con tecnologías y capacidades locales, y es posible operarla con capacidad local. Se utilizan para atender pequeñas demandas en zonas aisladas. Su máxima potencia de diseño se calcula según el mínimo caudal del río o arroyo. Presentan muy poco impacto ambiental, normalmente pequeños movimientos de tierra, pero no exigen caminos de acceso.

Las centrales hidroeléctricas no requieren combustible, sino que usan energía renovable, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita. La energía hidráulica es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua. Los costos de mantenimiento y explotación son bajos.

Una desventaja que presenta esta alternativa es que hay importantes pérdidas acumuladas, debido a los tramos intermedios y de transformación. Estas pérdidas pueden llegar a ser del 50% [42].

6.1.3.2. Componentes de una mini-central hidráulica

Una pequeña planta hidroeléctrica en sí misma está compuesta por una turbina y un generador. Puede estar acompañada de baterías, una tubería, el inversor y otros componentes mecánicos. Aunque la preparación de dicha planta requiere técnica experiencia, la instalación de la planta en sí misma es relativamente sencilla y los costes se pueden reducir mediante el uso de muchos locales materiales y habilidades.

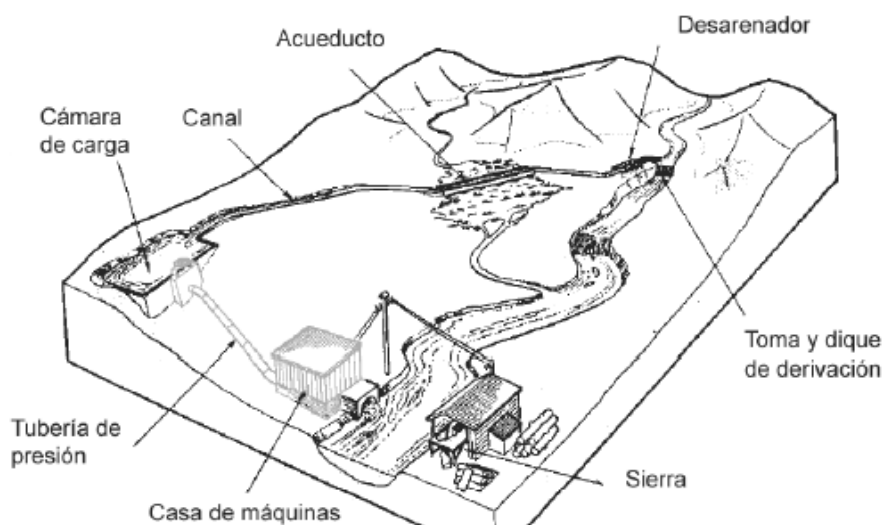


Ilustración 34. Esquema básico de una mini-central hidráulica (20).

Los tipos más importantes de turbinas hidráulicas que cubren casi todas las situaciones son el "Pelton", "Banki" (ambos también llamadas turbinas de "flujo cruzado"), "Francis" y "Kaplan". La turbina de flujo cruzado está adaptada a grandes alturas mientras que el Kaplan se usa para ríos de baja altura. Se pueden instalar turbinas Pelton, Banki y Francis con eje horizontal, lo que facilita el mantenimiento, mientras que las unidades Kaplan normalmente

tienen eje vertical.

En el caso de las turbinas Pelton y Banki, llamadas turbinas de impulso, la presión del agua se convierte en energía cinética (en forma de un chorro de alta velocidad) antes de ingresar al corredor y generar electricidad. Por el contrario, en las turbinas Francis y Kaplan, llamadas turbinas de reacción, la presión del agua se aplica directamente en la cara de las cuchillas del corredor para producir energía. Son más complejas de construir e instalar que las turbinas de impulsos, pero tienen una mayor eficiencia.

Hay tres tipos de generadores que se pueden combinar con la turbina: los generadores con imanes permanentes para unidades pequeñas (hasta unos pocos kW), los asíncronos para plantas conectadas a la red y los síncronos generadores (con regulación de carga mediante cargas de lastre) para unidades más grandes [42].

6.1.3.3. Agua como recurso energético

Otro sistema que se emplea es conducir el agua de un arroyo con gran desnivel, por una tubería cerrada, en cuya base hay una turbina. El agua se recoge en una presa pequeña y la diferencia de altura proporciona la energía potencial necesaria.

También hay otra opción que consiste en hacer en el río una presa pequeña y desviar parte del caudal por un canal con menor pendiente que el río, de modo que unos kilómetros más adelante habrá ganado una cierta diferencia de nivel con el cauce y se hace caer el agua a él por una tubería, con una turbina.

De ambas maneras, se necesita tener un río cercano para poder aplicar estas soluciones. En la siguiente ilustración, se puede observar como uno de los ríos importantes de Kenia se encuentra a unos 30 km aproximadamente del colegio Kipepeo. De todas formas, hay un arroyo situado a 1 km del colegio.



Ilustración 35. Mapa de los ríos más caudalosos de Kenia (21).

El cálculo del recurso se basa en dos componentes principales que son la diferencia de altura (salto) desde el punto de origen de la turbina y la cantidad de agua (caudal) que atraviesa la turbina hidroeléctrica. Con esto se consigue la fórmula de la energía potencial y, a partir de esta, se llega a la potencia neta acumulada por la masa de agua que cae.

$$E_{potencial} = m \cdot g \cdot h = \rho \cdot V \cdot g \cdot h \text{ [J]}$$

Ecuación 3. Energía potencial.

$$Potencia = \frac{energía}{tiempo} = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{tiempo} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \text{ [W]}$$

Ecuación 4. Potencia hidráulica.

Donde:

- ρ : densidad del agua (1000 kg/m³)
- g : aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- Q : caudal de agua (m³/s)
- h : salto de agua (m)

6.1.4. Sistemas híbridos

Con las diferentes alternativas de fuentes generadoras de energía planteadas anteriormente, se puede formar una micro-red utilizando simultáneamente varias de ellas.

Los sistemas híbridos son sistemas centralizados que utilizan varias fuentes generadoras de energía. Estas fuentes energéticas, adecuadamente controladas, pueden dar servicio eléctrico a un grupo de usuarios con bastante fiabilidad y economía, además de ser fáciles de ampliar. Generalmente usan fuentes energéticas renovables. Este tipo de gestión energética se perfila como una posible sustitución de los sistemas tradicionales de distribución eléctrica, ya que evita el trazado, pérdidas y mantenimiento de los clásicos sistemas de distribución, acercándose al nuevo modelo de energía distribuida.

En ocasiones combinan dispositivos de que usan combustibles fósiles, con dispositivos de energía renovable. Esto significa que es posible aprovechar una instalación de un sistema tradicional y añadirle un sistema de energía renovable. En este caso, se trata de un tipo de sistema que no sólo aporta beneficios en el ahorro económico y energético, sino también que ofrece un alto rendimiento ya que las energías renovables dependen de factores como el viento, el sol y el agua que presentan generalmente una variación estacional [42].

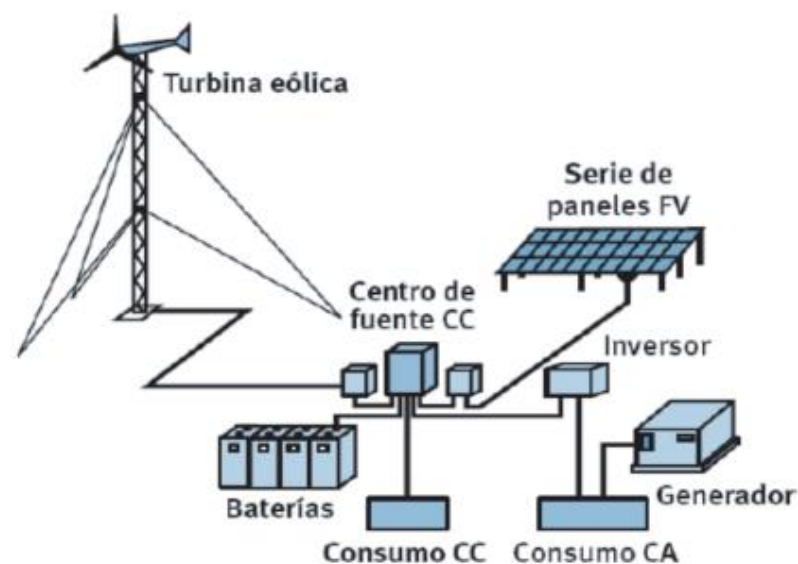


Ilustración 36. Ejemplo de un sistema híbrido Eólica/FV/Diesel (19).

6.2. Abastecimiento de agua en el colegio Kipepeo

Previamente se han identificado una serie de actividades para las cuales se necesitará agua en el colegio Kipepeo.

- Beber agua. Según varios estudios científicos se ha demostrado que no beber la suficiente cantidad de agua influye en la capacidad de aprendizaje de los niños. No beber la suficiente agua hace que sea más probable que se vean afectados la memoria a corto plazo, la coordinación motora y los estímulos. La deshidratación es grave para todas las personas y afecta de forma especial a los más pequeños. En el momento que un menor empieza a sentir sed, ya han perdido sin darse cuenta más del 20% de su capacidad física y mental. La consecuencia directa de todo esto irá asociada a un menor rendimiento académico [43].
- Lavado de manos. Es de gran importancia lavarse las manos en las siguientes ocasiones: antes de comer y de la preparación de comida, y después de acudir al aseo. Las manos están continuamente en contacto con nuestros ojos, nariz y boca, así con las manos de otras personas y con varios objetos. Lo cual resulta preocupante porque es una de las principales fuentes de contagio y uno de los mayores focos de infecciones. Un mejor lavado de manos podría reducir las tasas de mortalidad por diarrea a la mitad. Es vital tener las manos limpias a la hora de comer ya que hay algunos alimentos que se sujetan con las manos y se pueden contraer enfermedades. También después de ir al aseo ya que es un habitáculo en el que podemos estar en contacto con gérmenes y bacterias que nos hagan enfermar. Según la UNICEF lavarse las manos después de ir al baño y antes de preparar alimentos ayudar a reducir en más del 40% los casos de enfermedades diarreicas, y casi en un 25% los casos de infecciones respiratorias [44].
- Limpieza de letrinas. Es fundamental realizar un mantenimiento y limpieza de las letrinas para asegurar el buen uso de las mismas. Se limpiará cada letrina al final de cada día tirando un cubo de agua en cada una de ellas.
- Cocinar. Es necesaria el agua para limpiar los alimentos y para hervir muchos de los platos que se cocinan. También es necesaria el agua para la limpieza posterior de los platos, cubiertos y resto de utensilios utilizados.
- Limpieza del suelo. Es fundamental para conseguir y mantener la higiene en el colegio. Actualmente, a partir del suelo del colegio los alumnos contraen varias

enfermedades en los pies debido a los parásitos que se encuentran en este ya que los zapatos que los alumnos llevan mayoritariamente están rotos o tienen agujeros.

A continuación, se enuncian y se desarrollan unas posibles alternativas para resolver el problema de la escasez de agua que hay en el colegio. Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden conseguir a partir de la captación de aguas pluviales, superficiales y subterráneas [45].

- La captación de aguas pluviales: es el agua más pura encontrada en la naturaleza. Generalmente contiene materia amorfa en suspensión, sulfuros de oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y cloruros en solución.
- La captación de aguas superficiales: son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Se producen por dos causas: el afloramiento de aguas subterráneas y cuando corre el agua de las precipitaciones. Puede presentarse de dos maneras: en movimiento (ríos, arroyos y corrientes) y quieta (embalses, lagunas, humedales, océanos, mares, etc).
- La captación de aguas subterráneas: son aquellas formadas por el agua que se infiltra en las capas interiores de la superficie de la tierra.

6.2.1. Alternativa sistema de captación de aguas pluviales con canaletas

El sistema de captación de aguas pluviales consiste en la instalación de canaletas en el techo del colegio para recolectar el agua de la lluvia. Para la recolección de esta agua se recomienda tener un área suficientemente grande (mínimo 30 m²) [46].

Los componentes de este sistema de captación incluyen: el techo, el sistema de canaletas, tuberías y el tanque de almacenamiento. Además, también se debe ejecutar un sistema para descartar las primeras aguas de lluvia. Generalmente se instalan canaletas en los techos y el agua recolectada circula por las tuberías hasta llegar al tanque de almacenamiento, el cual se encuentra situado a una cierta altura sin necesidad de bombeo.



Ilustración 37. Esquema de un sistema de captación de aguas pluviales (22).

Para que este sistema cumpla su funcionalidad es indispensable el mantenimiento adecuado de la superficie de captación, canaletas y el tanque de almacenamiento. Todos ellos se deben limpiar frecuentemente.

Este tipo de abastecimiento es recomendado en casos en los cuales no hay posibilidad de acceder a aguas superficiales o subterráneas.

6.2.2. Alternativa sistema de captación de aguas superficiales con tuberías

Este sistema consiste en captar el agua del arroyo que está situado cerca del colegio y transportar el agua a partir de tuberías, una vez, esta agua es transportada hasta el colegio se depositará en un tanque de almacenamiento.

Sin embargo, esta agua debe ser tratada para purificarla ya que las aguas superficiales al discurrir sobre el terreno se contaminan con materias orgánicas teniendo muchas veces un gran grado de contaminación. Por lo tanto, su uso sería peligroso para el consumo humano. Se deberá instalar un filtro en el tanque.

El transporte del agua desde el río hasta el colegio debe hacerse mediante bombeo debido a que el colegio y el río se encuentran a un nivel similar y por tanto la gravedad no es una opción.

6.2.3. Alternativa “Hippo Roller Water”

El “hippo water roller” es un barril transportable que fue desarrollado en 1991 por dos sudafricanos con el objetivo de transportar agua de manera más fácil y utilizando un tiempo menor que con los métodos tradicionales.

Este barril está hecho de un plástico resistente y está equipado con un mango de acero con el cual se puede empujar. Tiene una capacidad de 90 litros de agua. El agua se coloca dentro de la rueda de tal manera que el peso se carga en el suelo y se distribuye sobre su amplia superficie rodante. El peso real cuando está lleno serían unos 90 kg que supone unos 10 kg al empujarlo. Este contenedor hace que se pueda transportar hasta 5 veces más agua ya que normalmente una persona puede transportar a largas distancias hasta un máximo de 20 kg con la cabeza.

La tapa presenta una tapa interior de tal manera que permite a los usuarios extraer agua sin abrir el sello más grande. Esto hace que se reduzca el riesgo de contaminación y asegura el almacenamiento higiénico del agua. También presenta una gran apertura para facilitar su limpieza.

Está diseñado de tal manera que resiste a superficies desiguales, caminos de grava y piedras afiladas que hay en los suelos africanos. Tiene una vida útil de entre 5 y 10 años. Cada barril tiene un precio de 125 \$ [47].



Ilustración 38. “Hippo Roller Water” (23).

El agua recogida por los “hippo roller wáter” será depositada en un tanque de agua. También serán necesarias bombas de agua y tuberías. Este sistema es posible también debido a que la zona donde se tiene pensado su implantación tiene una pendiente inferior al 2%.

6.2.4. Alternativa desalinizadora

Consiste en tratar el agua de mar o de un lago a través de un proceso llamado osmosis inversa para su posterior consumo doméstico. La osmosis consiste en hacer pasar el agua a través de unas membranas que retienen las sales que esta contiene. Para retener estas sales los agujeros tienen que ser muy pequeños lo que provoca que para hacer pasar el agua por estos agujeros esta tenga que estar sometida a una presión elevada. Este hecho genera un gran coste energético [48].

Una posible implantación de este método es alimentar con energía solar la desalinizadora, de esta manera la solución es mucho más económica y sostenible. La solución consistiría en tratar el agua del lago Victoria a través de la desalinizadora para su posterior consumo.

6.2.5. Alternativa sistema de bombeo fotovoltaico

El sistema de bombeo fotovoltaico es una aplicación especial de los generadores fotovoltaicos que consiste en aprovechar directamente la energía solar que incide a través de las placas fotovoltaicas para alimentar eléctricamente las bombas. El principal objetivo de este sistema es bombear agua de un pozo hasta un depósito para después distribuirla con la propia presión de la altura o gracias a otra bomba de menor potencia.

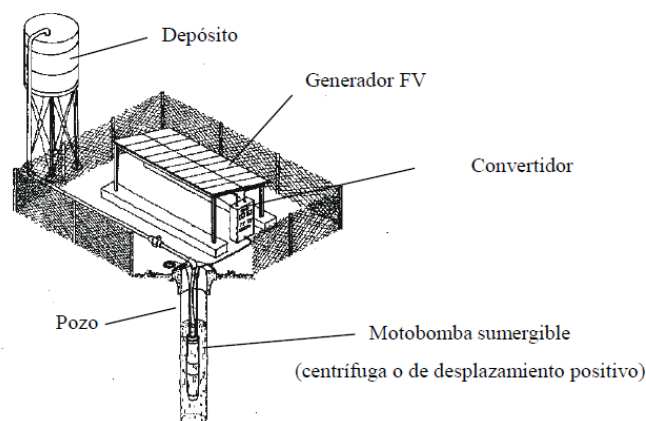


Ilustración 39. Esquema de un sistema de bombeo fotovoltaico (24).

El bombeo de agua a partir de energía solar fotovoltaica es un método muy efectivo de suministro de agua potable para zonas aisladas como lo son las zonas rurales. En los últimos años ha aumentado considerablemente la demanda de estos sistemas principalmente por dos razones: la satisfacción del usuario final debida a la calidad y eficiencia de estos sistemas y a la amortización a corto plazo (en torno a 4 años) [49].

Los componentes necesarios para un sistema de bombeo fotovoltaico son: un depósito, un generador FV, sistemas de acondicionamiento de potencia, sistema de tuberías, un pozo y una motobomba.

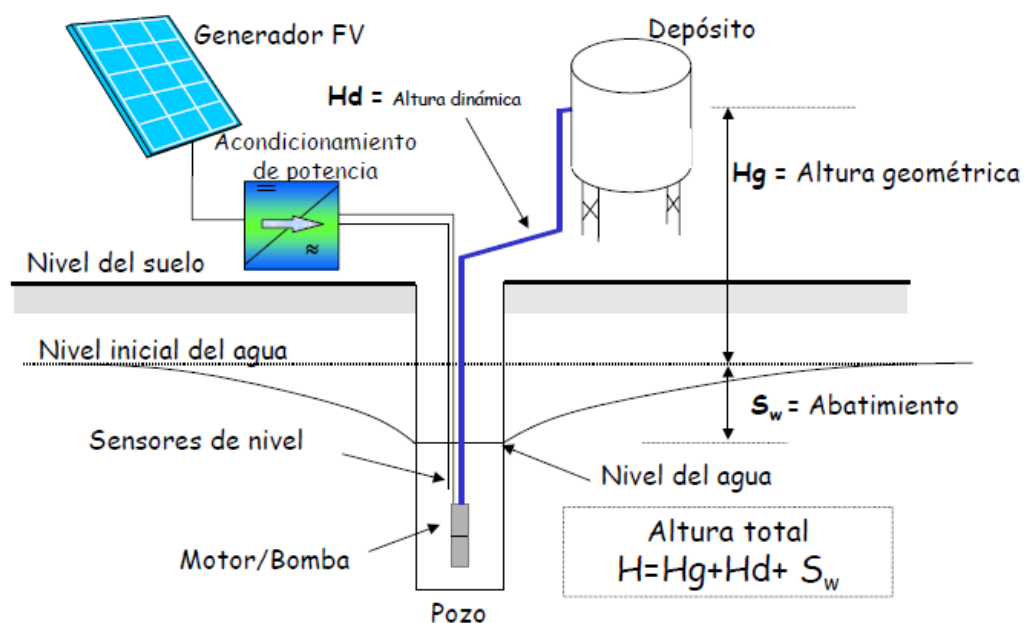


Ilustración 40. Componentes de un sistema bombeo fotovoltaico (25).

El funcionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico consiste en la incidencia de rayos de sol sobre el generador fotovoltaico. Este convierte la energía solar en energía eléctrica en forma de corriente continua. Esta corriente incide en el sistema de acondicionamiento de potencia el cual dependiendo de si el motor es de corriente continua o alterna actuara de una manera u otra. Una vez la corriente sale del sistema de acondicionamiento llega al motor el cual mueve la bomba que se encuentra en el pozo. La bomba hace que se bombee agua desde el pozo hasta el sistema de almacenamiento. Una vez allí, el agua para el consumo se obtendrá a partir de una bomba o por simple gravedad.

Para un buen diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico es necesario conocer unas

ciertas condiciones y parámetros [50]:

- La profundidad a la que se encuentra el nivel del agua en el pozo.
- El nivel estático (H_{ST}): nivel de agua previo a la prueba de bombeo.
- El nivel dinámico (H_{DT}): nivel de agua cuando se bombea.
- Caudal (Q_T): caudal que mantiene fijo el nivel del agua.
- Radiación solar y condiciones climatológicas porque dependerá de estas la energía que suministrará el generador fotovoltaico.

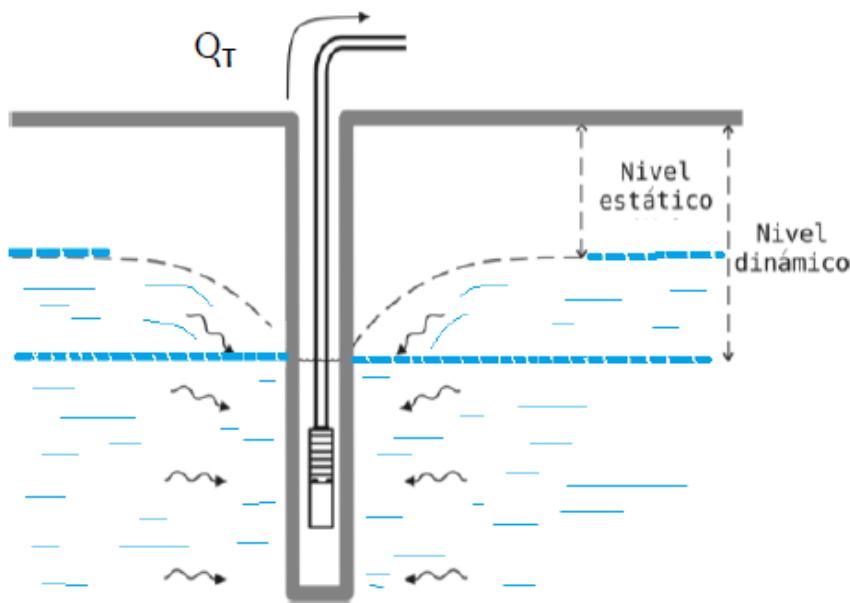


Ilustración 41. Parámetros de un sistema de bombeo fotovoltaico (24).

6.2.5.1. Tipos de sistemas de bombeo fotovoltaico

Los elementos de un sistema de bombeo fotovoltaico se tienen que diseñar para operar conjuntamente acoplados y maximizando el rendimiento global del sistema. Se distinguen varias configuraciones según el tipo de motor, tipo de bomba y tipo de acondicionamiento de potencia [51].

Se distinguen tres tipos de sistema:

- Sistemas de baja potencia: de 50 a 400 W_p . Bombeo de pequeñas fuentes o para riegos domésticos. Cabal máximo de 150 $m^3/día$.
 - o Motor DC

- Bomba centrífuga/ Bomba de desplazamiento positivo
 - Convertidor DC/DC (opcional)
- Sistema de media potencia: desde 400 W_p hasta 1500 W_p . Suministro de agua potable en zonas rurales, riego o agua para ganado. Ciclo hidráulico aproximado de 150 a 1500 $m^4/día$.
 - Motor AC/ Motor DC sin escobillas
 - Bomba centrífuga/ Bomba de desplazamiento positivo
 - Convertidor AC/DC/ Controlador de motor
- Sistemas de alta potencia: MW. Grandes trasvases de agua.
 - Motor AC
 - Bomba centrífuga
 - Convertidor de frecuencia

Es decir, hay 5 configuraciones diferentes y posibles:

- Motobomba con motor DC, bomba centrífuga y convertidor DC/DC (opcional).
- Motobomba con motor DC, bomba de desplazamiento positivo y convertidor DC/DC.
- Motor AC, bomba centrífuga y convertidor AC/DC.
- Motor DC sin escobillas, bomba de desplazamiento positivo y controlador de motor.
- Motor AC, bomba centrífuga y convertidor de frecuencia.

6.2.5.2. Componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico

- **Depósito**

El depósito sirve para proporcionar el déficit de agua en los momentos en los cuales el caudal bombeado no alcanza el consumo adecuado. Es esencial añadir un depósito de agua con un volumen como mínimo para suplir la demanda de agua requerida en un día. El depósito debe estar cubierto para minimizar las pérdidas por evaporación asimismo como la entrada de suciedad.

- **Generador FV**

El generador fotovoltaico transforma la energía solar incidente en energía eléctrica. Está formado por un conjunto de módulos fotovoltaicos asociados entre sí, en serie y paralelo, que proporcionan la potencia deseada. Los módulos fotovoltaicos están constituidos por la

conexión eléctrica de células fotovoltaicas en serie-paralelo. Este conjunto está encapsulado de tal manera que quede protegido frente a los agentes atmosféricos que puedan afectar cuando esté trabajando a la intemperie, esto se consigue mediante un aislamiento eléctrico del exterior que proporciona rigidez mecánica.

La corriente de salida del generador es continua. La potencia (P) depende tanto de la intensidad de corriente (I) como del voltaje (V) ya que $P=I \cdot V$. La potencia de un generador fotovoltaico se ve afectada por la variación de las condiciones climatológicas como son el aumento o disminución de la irradiación y de la temperatura [51].

- **Sistemas de acondicionamiento de potencia**

Los sistemas de acondicionamiento de potencia tienen como objetivo principal proporcionar al motor/bomba la combinación más adecuada de tensión y corriente, adaptando las características de la energía producida por el generador fotovoltaico. A la vez, hacen que el generador FV trabaje en su punto de máxima potencia haciendo que se transfiera al motor la máxima energía posible. Estos dispositivos están situados entre el generador fotovoltaico y la motobomba.

La inclusión de estos equipos en el sistema implica pérdidas de potencia por autoconsumo, un coste adicional y una fuente de posibles fallos. Su uso únicamente está justificado si se produce un incremento en la energía de salida, es decir, un aumento del rendimiento total del sistema.

Entre los sistemas de acondicionamiento de potencia en un sistema de bombeo fotovoltaico se encuentran los siguientes dispositivos: inversor DC/AC, convertidor DC/DC y controlador de motor.

- Inversor DC/AC: dispositivo electrónico capaz de transformar una corriente continua (DC) en una corriente alterna (AC) a un voltaje y frecuencia determinados. Es indispensable su uso cuando se utilizan motores AC ya que estos motores se alimentan en alterna y la corriente de salida del generador es corriente continua. Estos dispositivos varían la frecuencia de salida lo cual permite al motor trabajar a una velocidad/ potencia distinta de la nominal. Habitualmente, suelen incorporar un seguimiento del punto de máxima potencia (SPMP). Con estas dos características se busca aumentar el rendimiento del sistema total [52].

- Convertidor DC/DC: dispositivo electrónico capaz de conseguir un valor de tensión estable de salida partiendo de una fuente de tensión continua (sea fija o variable). Es decir, compensa las fluctuaciones que pueden ser causadas por tensiones no reguladas o estabiliza las caídas de tensión producidas en los extremos de los cables de gran longitud. Estos dispositivos tienen un diseño compacto, un fácil mantenimiento y una eficiencia de hasta el 94%. Se utiliza como dispositivo de acoplo entre el generador FV y el motor DC ya que aumentan el rendimiento de bombeo de agua [53].
- Controlador de motor: dispositivo electrónico que sirve para controlar la velocidad de giro en los motores DC sin escobillas ya que es muy complicado controlar la velocidad de este tipo de motores. Con este dispositivo es posible variar las velocidades de giro y esto se hace mediante la modulación por ancho de pulsos. Necesario en motores DC sin escobillas. Este controlador puede estar incorporado al motor o ser externo a él [54].
- Convertidor de frecuencia: dispositivo electrónico similar a un inversor, transforma una corriente continua en alterna. Sirve para controlar la velocidad de un motor eléctrico [55].

- **Pozo/Sondeo**

Un sondeo consiste en extraer agua con un cierto caudal que haga que el nivel del agua permanezca constante. La diferencia entre el sondeo y el pozo es que el sondeo es más profundo y estrecho que el pozo.

Un pozo es una excavación que perfora la tierra hasta una profundidad suficiente con el objetivo de encontrar agua o fluidos como el petróleo. En este caso, el objetivo sería encontrar un acuífero o aguas subterráneas con la finalidad de conseguir un sistema de abastecimiento de agua para el colegio. Un acuífero es una zona del terreno que contiene agua.

Los pozos suelen tener una forma cilíndrica con las paredes aseguradas con cemento, piedra o madera para evitar un derrumbe. Normalmente las paredes del pozo sobresalen del nivel del suelo para evitar que alguien caiga en su interior.

Es necesario un mantenimiento y gestión del pozo. También se corre el riesgo de no

encontrar agua suficiente o que la calidad de esta no sea buena.

- **Motobomba**

La motobomba está compuesta por una bomba, un motor y un eje motriz que es el que transmite la potencia del motor a la bomba. La bomba transforma la energía mecánica recibida del motor acoplado en energía cinética. El objetivo es generar un movimiento del líquido que se quiere utilizar. Tienen dos orificios: el de entrada (aspiración) y el de salida (impulsión).

Un motor eléctrico es un dispositivo electrónico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. El motor puede ser de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC). Los dos funcionan por inducción electromagnética, es decir, un campo magnético induce o produce una fuerza rotatoria por un conductor que lleva corriente eléctrica. El principio de funcionamiento de estos dos motores es el mismo, sin embargo, las causas que producen la rotación son diferentes. En función de las necesidades del movimiento que se busquen (velocidad, fuerza de arranque, potencia, par motor, etc.) se optará por un motor u otro.

- *Motor de corriente continua (DC).* Consiste en un estator, un rotor y un colector con escobillas. El motor gira a causa de la polaridad opuesta entre dos campos magnéticos que se encuentran dentro del motor. Este tipo de motor es más simple que el motor de corriente alterna ya que opera a una velocidad o tensión fija. Este tipo de motores pueden ser sin escobillas. Los motores DC sin escobillas tienen una gran ventaja frente a los motores DC con escobillas. Las escobillas eventualmente se gastan y deben ser reemplazadas. Si la bomba es sumergible este mantenimiento es muy costoso ya que se debe extraer la bomba del pozo para realizar el cambio de escobillas. Por otra parte, los motores sin escobillas deben ser controlados por un controlador de motor el cual permite girar más rápido con menor calor y desgaste que los motores DC con escobillas. Funcionan con corriente continua por lo cual no es necesaria la utilización de convertidores DC/AC. Son muy útiles cuando es necesaria una gran fuerza de giro en el arranque del motor. Son muy versátiles, es decir, ofrecen muy buen resultado tanto en aplicaciones de baja como alta potencia [51].
- *Motor de corriente alterna (AC).* Consiste en un estator y un rotor. Son muy eficaces para trabajos en los que no se trabaja con un movimiento estable y una velocidad fija.

No son aptos para aplicaciones en las que se trabaja a velocidades muy bajas. Son una muy buena elección cuando se busca un máximo rendimiento y entrega de par. Pueden ser monofásicos o trifásicos. Funcionan con corriente alterna por lo cual es necesario la utilización de convertidores DC/AC y esto implica aumentar el coste económico. Por otra parte, los motores AC generalmente son más baratos que los motores DC para una misma potencia [51].

Tabla 4. Comparación de motor de corriente continua (DC) y corriente alterna (AC).

| Motor de corriente continua (DC) | Motor de corriente alterna (AC) |
|---|---|
| Alto rendimiento | Menor rendimiento |
| No es necesario un convertidor DC/AC | Necesario un convertidor DC/AC |
| Bien diseñado para acoplarse directamente al generador FV cuando accionan bombas centrífugas | |
| Trabaja con corriente continua | Trabaja con corriente alterna |
| Par de arranque fuerte | Par de arranque escaso |
| Velocidad variable | Trabaja a velocidades fijas y no puede operar a bajas velocidades |
| Más caros de fabricar | Más baratos de fabricar |
| Motores monofásicos | Motores monofásicos o trifásicos |
| Utilizados en trabajos pesados | Utilizados en trabajos con precisión |

La bomba puede ser o centrífuga o de desplazamiento positivo.

- *Bomba centrífuga.* Generan el movimiento del fluido por medio de paletas o alabes giratorios. No son tan eficientes como las bombas de desplazamiento positivo. Útiles para pequeñas cargas.
- *Bomba de desplazamiento positivo.* El fluido avanza debido a los cambio de volumen del contorno móvil. Tienen mejores eficiencias y requieren menos paneles fotovoltaicos para suministrar el mismo volumen de agua. Poseen una baja velocidad rotacional. Son aptas para cargas mayores.

Tabla 5. Comparación entre bomba centrífuga y de desplazamiento positivo.

| Bombas centrífugas | Bombas de desplazamiento positivo |
|---|--|
| Menor rendimiento a una potencia similar | Mayor rendimiento a una potencia similar |
| Mayor caudal y bajas alturas manométricas | Menor caudal y apropiadas para altos incrementos de presión |
| Con motores DC se pueden acoplar directamente al generador FV | Con motores DC necesitan un convertidor DC/DC para acoplarse al generador FV |

Dependiendo de su situación en el pozo la bomba puede ser sumergible o de superficie.

- *Bombas sumergibles.* Se caracterizan por trabajar sumergidas en el fluido. Usadas principalmente para el bombeo o extracción de aguas residuales, evacuar agua de espacios inundados o extraer agua de zonas profundas más allá de 9 metros.
- *Bombas de superficie.* Se caracterizan por trabajar fuera del agua. Usadas principalmente en aplicaciones domésticas, regadíos de huertos y campos. Solo permiten trabajar a profundidades inferiores a 9 metros. Hay dos tipos:
 - o *De aspiración:* bomba situada por encima del nivel del líquido a bombear.
 - o *De carga:* bomba situada al mismo nivel o inferior al líquido a bombear.

El funcionamiento de una bomba sumergible es diferente al de una bomba flotante. La primera empuja el agua hacia arriba, en cambio la flotante succiona el agua. La bomba sumergida utiliza menos energía debido a que esta acción requiere menor esfuerzo y debido

a ello es más eficiente en pozos profundos. Sin embargo, el mantenimiento de las bombas sumergibles tiene mayor dificultad que en las bombas de superficie debido a que se encuentran totalmente sumergidas y se debe extraerlas para realizar el mantenimiento [56].

7. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

7.1. Demanda a satisfacer

El colegio Kipepeo actualmente está formado por exactamente 76 alumnos, 4 profesores, 1 director y 1 cocinera. Es decir, es necesario satisfacer la demanda para un total de 82 personas. Acorde con la información que nos ha proporcionado el director del colegio, este año han entrado 2 alumnos nuevos. Para calcular la demanda a satisfacer se considera un total de 100 personas que es el número de personas que se espera que el colegio tenga en 10 años. Se ha escogido esta cifra para asegurar que las necesidades futuras a medio plazo puedan seguir estando cubiertas. Como se trata de una función exponencial, se fija el factor 1,2 para multiplicar aquellas cifras que se necesiten conocer en 10 años.

7.2. Sistema de abastecimiento de agua

Comparando las tres alternativas que se proponen en el punto 6.2 se considera que la más adecuada es el sistema de bombeo fotovoltaico. A priori, se descarta el sistema de la desalinizadora ya que no será posible aplicarlo por dos razones. En primer lugar, este sistema tiene un coste muy elevado debido al gran gasto energético que comporta. En segundo lugar, no es aconsejable aplicar este sistema al colegio Kipepeo ya que no se encuentra cerca del mar. Este procedimiento podría ser útil a largo plazo para un colegio situado cerca de la costa.

La captación de aguas pluviales por medio de canaletas queda descartada debido a que es una solución recomendada únicamente en casos en los cuales no hay posibilidad de acceder a aguas superficiales o subterráneas. Esto es debido a que el agua de la lluvia no es siempre constante y podría generar largos periodos de sequía lo cual derivaría en una falta de abastecimiento de agua en el colegio.

El sistema de captación de aguas superficiales por medio de tuberías tampoco es la solución escogida, ya que el río se encuentra a aproximadamente 1 km del colegio y, consecuentemente, se necesitaría instalar largas tuberías. Por otro lado, el agua del arroyo

está contaminada y haría falta un proceso de filtrado que encarecería la solución.

El “hippo roller wáter” se rechaza como posible solución al abastecimiento de agua. Por una parte, es una solución inmediata, con presupuesto muy bajo y poco tiempo de implantación. Sin embargo, es una solución a corto plazo y el objetivo de este trabajo es encontrar una solución para resolver el problema a largo plazo, aunque la inversión inicial deba ser mayor. También supone un gran inconveniente que los alumnos deban acudir cada día al arroyo en búsqueda de agua. Por último, al captar el agua del arroyo se debería aplicar un filtrado posterior debido a la gran contaminación de este agua.

Finalmente, la alternativa escogida es el sistema de bombeo fotovoltaico. Estos sistemas se caracterizan por ser de alta fiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento. Por lo tanto, el coste será menor a largo plazo comparado con las otras alternativas. Otro aspecto a favor a tener en cuenta de la alternativa es su bajo impacto ambiental, ya que no contamina ni el aire, ni el agua y no produce ruido.

7.2.1. Tipo de diseño de bombeo fotovoltaico escogido

Una vez calculada la demanda de agua que hará falta para abastecer al colegio se define el sistema de bombeo fotovoltaico. La demanda de agua es inferior a $150 \text{ m}^3/\text{día}$, por ello será necesario un sistema de baja potencia. Los sistemas de baja potencia, como ha sido explicado anteriormente, están formados por un motor de corriente continua, una bomba centrífuga o de desplazamiento positivo y por un convertidor DC/DC (opcional).

La bomba escogida será una bomba centrífuga ya que este tipo de bomba se puede acoplar directamente y no requiere un convertidor DC/DC el cual encarecería el coste. La configuración más típica en un pozo de sondeo es la bomba sumergible ya que las profundidades del sondeo son superiores a los 9 metros. Por lo tanto, pese a su difícil mantenimiento, la bomba sumergida será la escogida para nuestro sistema de bombeo fotovoltaico.

El tanque de almacenamiento debe poder depositar el agua necesaria para un día de funcionamiento ya que de esta manera se tiene una autonomía de un día.

El sistema de bombeo de agua fotovoltaico constará de:

- Generador FV
- Motobomba
 - Motor de corriente continua
 - Bomba sumergible y centrífuga
- Depósito
- Pozo
- Sistema de distribución (tuberías)

7.2.2. Cálculo de la demanda de agua del colegio

A continuación, se detalla aproximadamente el total de consumo de agua necesario en el colegio. Las cantidades de agua requeridas dependerán de diversos factores como el clima, la disponibilidad y el tipo de instalaciones para usar el agua. Las cifras deben tenerse en cuenta a la hora de planificar y diseñar los sistemas de abastecimiento de agua.

Los datos citados a continuación ha sido posible calcularlos gracias a que las autoras del proyecto estuvieron el verano de 2018 en el colegio, y por lo tanto, conocen aproximadamente el mínimo de agua necesario para cada tarea. Posteriormente, los datos calculados han sido constatados y corroborados por el director del colegio Kipepeo.

Beber agua durante el día como se ha nombrado anteriormente mejora el rendimiento escolar, por ello, se calcula que los alumnos y profesores consumirán un promedio 1 litro de agua al día. Es decir, son necesarios unos 100 litros de agua/día para el consumo humano. El agua suministrada por el pozo no es potable, el proyecto propone como futuro desarrollo la potabilización del agua mediante algún sistema de filtrado para que los profesores y alumnos puedan consumir agua durante la jornada escolar.

Se calcula que tanto los profesores como los alumnos del colegio se lavarán las manos alrededor de un promedio de 5 veces al día, dos de ellas debido al lavado de manos por ingerir alimentos y tres de ellas después de ir al baño. Se considera que son capaces de

lavarse las manos con un total de 1 litro. Por lo tanto, serán necesarios un total de 500 litros de agua/ día. Para lavar los alimentos, platos y cubiertos y cocinar se calcula un promedio de 30 litros por día.

Por otra parte, como se ha nombrado anteriormente también se necesita agua para la limpieza de la escuela ya que es un fundamento básico para mantener la higiene de esta. Para esta funcionalidad se requerirán 20 litros. La escuela suelen limpiarla 3 veces por semana lo que equivale a un total de 60 l/semana y 12 l/día. Para el buen funcionamiento de las letrinas al final de cada día hay que tirar un cubo de agua en la taza sanitaria y en el urinario, considerando que se tiran 2 litros de agua en cada taza o urinario son necesarios 12 l/día.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de agua necesaria en el colegio:

Tabla 6. Cantidad de agua necesaria en el colegio.

| | |
|-----------------|-------|
| l/día | 654 |
| l/semana | 3.270 |

Finalmente, se ha decidido aproximar la demanda de 654 l/día a 650 l/día para facilitar los cálculos. Los cálculos se encuentran detallados en el anexo.

7.2.3. Dimensionamiento

Para dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico se seguirán los siguientes 4 pasos:

- Averiguar la necesidad diaria de agua en m³/día.
- Verificar la capacidad de la fuente de agua.
- Calcular la distancia entre el pozo y el depósito. Asimismo, como el desnivel entre el nivel dinámico y entrada del depósito.
- Dimensionar. Se escogerá una motobomba dependiendo de la demanda de agua por día y en consecuencia se obtendrá la potencia pico del generador fotovoltaico.

En el apartado anterior se ha calculado la demanda de agua necesaria por día para el abastecimiento de todo el colegio, serán necesarios un total de 650 l/día o 0,65 m³/día. Considerando que la bomba trabaja 2 horas al día, la bomba trabajará durante las horas de máxima irradiación, se obtiene un caudal de 0,325 m³/h o 325 l/h o 5,41 l/min.

Se asume que la fuente de agua es capaz de abastecer la demanda total del colegio ya que hay un colegio *Bunyore School Girls* situado en frente del colegio Kipepeo, como se puede observar en la ilustración 43, en el cual se ha realizado un sondeo y ha encontrado suficiente agua.

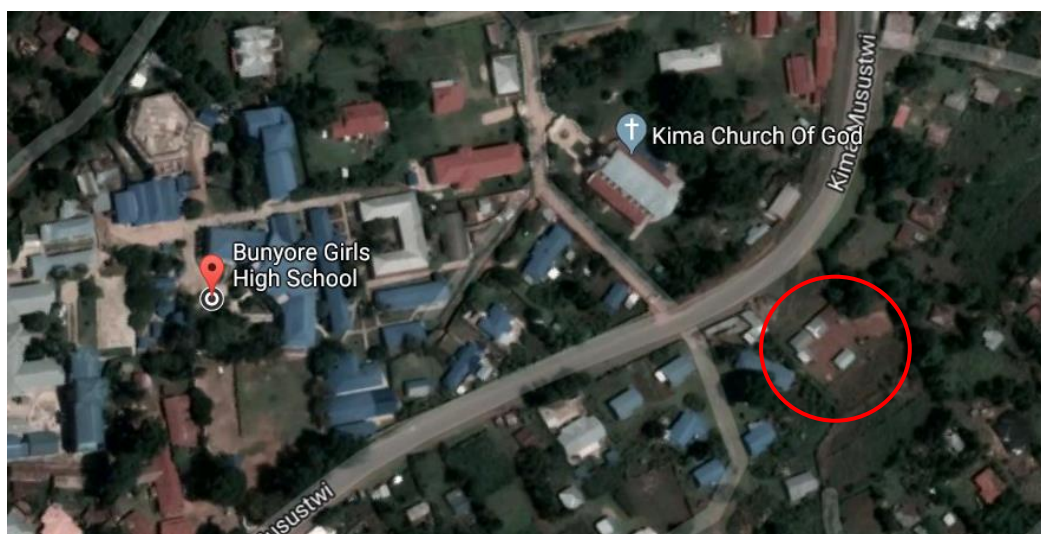


Ilustración 42. Localización de Bunyore Girls High School (26).

Por falta de información más precisa, se han cogido los siguientes datos del pozo de un proyecto de un orfanato de Tanzania que presenta condiciones similares. No se puede dar información de la fuente del proyecto de Tanzania por confidencialidad de este.

Tabla 7. Datos del pozo.

| Nivel estático [m] | Nivel dinámico [m] | Altura depósito [m] | Distancia depósito-pozo [m] |
|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| 35 | 50 | 2 | 4 |

La altura de bombeo es la suma del nivel dinámico más la altura a la que se encuentra el

depósito.

$$h = h_{DT} + x = 50 + 2 = 52 \text{ m}$$

Ecuación 5. Altura de bombeo [50].

Donde:

- h : altura de bombeo. [m]
- h_{DT} : nivel dinámico. [m]
- x : altura a la que se encuentra el depósito respecto al suelo. [m]

Se deben considerar las pérdidas en las tuberías que suponen el 10%.

$$p\acute{e}rdidas = 0,1 \cdot h = 0,1 \cdot 52 = 5,2 \text{ m}$$

Ecuación 6. Pérdidas en las tuberías [50].

$$h' = p\acute{e}rdidas + h = 5,2 + 52 = 57,2 \text{ m}$$

Ecuación 7. Altura de bombeo considerando pérdidas [50].

Donde:

- $p\acute{e}rdidas$: pérdidas debido a las tuberías, suponen el 10% de la altura de bombeo. [m]
- h' : altura de bombeo considerando las pérdidas. [m]

Por último, se requiere dimensionar. A continuación, se calcula la potencia pico del generador fotovoltaico con la intención de obtener la potencia requerida de la motobomba.

$$E_N[J] = \frac{\text{Energía potencial}[J]}{\eta} = \frac{m[kg] \cdot g \left[\frac{m}{s^2} \right] \cdot h[m]}{\eta}$$

Ecuación 8. Energía consumida [57].

Donde:

- E_N : energía [J] necesaria para elevar m kg de agua a una altura de h metros. [J]
- η : rendimiento. 0,3
- g : 9,81 [m/s²]

Es necesaria una bomba que pueda abastecer como mínimo 5,41 l/min. Esta motobomba debe ser sumergible, centrífuga y con motor de corriente continua. La bomba escogida es la *Bomba Sumergible ESPA 1.1CV Neptun fl60-45-M 230V* con las siguientes características [57]:

- Potencia 1,1 CV
- Caudal máximo a 60 metros de altura: 10 l/min

Haciendo el cambio de unidades 3600 J = 1 Wh, aplicando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y sabiendo que la densidad del agua es 1000 kg/m^3 , se obtiene la ecuación 9.

$$E_N = \frac{2,725 \cdot V[m^3] \cdot h'[m]}{\eta} = \frac{2,725 \cdot 0,65 \cdot 57,2}{0,3} = 337,71 \text{ Wh}$$

Ecuación 9. Cálculo energía consumida [50].

Donde:

- V : volumen total bombeado por la bomba. [m³]
- h' : altura de bombeo considerando las pérdidas. [m]
- η : rendimiento del sistema. 0,3

Para abastecer el agua del colegio durante 1 día es necesario un total de 337,71 Wh. En el siguiente apartado se calculará la potencia pico. La capacidad del depósito será de 650 litros.

7.3. Sistema de abastecimiento eléctrico

Comparando las tres alternativas que se proponen en el punto 6.1 se considera que la más adecuada es la que utiliza la energía solar como recurso energético. A priori, se descarta la mini-hidráulica ya que no se encuentra ningún río con caudal suficiente cercano a la localización del colegio Kipepeo. Tan solo se encuentra un arroyo a 1 km, pero no presenta suficiente corriente de agua para generar potencia hidráulica. Entre los dos sistemas de abastecimiento eléctrico restantes, se descarta la mini-eólica por el insuficiente viento que hay en la zona estudiada. Ya que según el gráfico del viento promedio tan solo 4 meses alcanzan el mínimo viento (entre 10 km/h y 14 km/h) para generar energía. Por lo tanto, la alternativa que se propone como solución óptima es la que utiliza la irradiación solar como recurso energético. Además, gracias al factor geográfico, la ubicación ecuatorial de Kenia ofrece unas posibilidades excepcionales para la energía solar.

A continuación, se explica cómo se hace el cálculo de la demanda y el dimensionamiento de la solución adoptada. La parte más importante en el dimensionado es conocer la demanda a satisfacer, explicada en el punto 7.1.1., y los parámetros del recurso energético.

7.3.1. Cálculo de la demanda de electricidad en el colegio

La demanda de electricidad a satisfacer se calcula como la demanda actual de electricidad multiplicada por el factor de 1,2, como se ha comentado anteriormente. La demanda de electricidad actual consiste en la suma de la demanda de la luz y de los enchufes según lo que se quiera conectar. Hay que tener en cuenta que en el colegio hay 7 clases, 1 sala de profesores y 1 cocina, y que cada aula tiene necesidades diferentes.

Para hacer este cálculo, hay que saber, primero, qué se necesita en cada aula. En las 7 aulas donde se imparten las clases tan solo se necesita iluminación a primera hora de la mañana y a última hora de la tarde, cuando la luz del día es insuficiente para leer y escribir. Para conseguirlo, se ponen 5 bombillas led de 1,2 W en cada aula y estas bombillas estarán encendidas durante 6 horas (de 6 a 8 h de la mañana y de 18 a 22 h de la tarde). Se escoge esta franja horaria para dar posibilidad a los alumnos de estudiar en horas en las que no se dispone de luz solar. En la sala de profesores, también se necesita iluminación (que funcionará igual que en las aulas) y un par de enchufes por si los profesores necesitan cargar el móvil o el ordenador. Se asume que se cargan 4 móviles al día (ya que son 4 profesores)

y cada uno está 1 hora cargándose, asumiendo que los profesores no traen el móvil totalmente descargado. Cargar un móvil durante 1 hora se estima que consume 5 Wh. Se asume también que se carga un ordenador durante 2 horas al día. El ordenador consume 80 W por hora (160 Wh). En la cocina se instala la misma iluminación que en las aulas y se añade una nevera por si se desea refrigerar o para evitar que los alimentos se estropeen. Una mini nevera se estima que consume 70 Wh [58].

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular el consumo de energía:

$$\text{Consumo (Wh)} = \text{Potencia (W)} \cdot \text{Tiempo (h)}$$

Consumo de las aulas:

$$5x \quad \text{1,2 Wh (4h)} = 24 \text{ Wh}$$

Consumo de la sala de profesores:

$$5x \quad \text{1,2 Wh (4h)} + 4x \quad \text{5 Wh (1h)} + \quad \text{80 Wh (2h)} = 204 \text{ Wh}$$

Consumo de las aulas:

$$5x \quad \text{1,2 Wh (4h)} + \quad \text{70 Wh (8h)} = 584 \text{ Wh}$$

Teniendo en cuenta que hay 7 aulas, 1 cocina y 1 sala de profesores, el consumo energético total es de 956 Wh/día. Esto representa la demanda de electricidad actual en un día, pero, como se ha explicado anteriormente, se multiplica la demanda de electricidad por 1.2, obteniendo una demanda de 1147,2 Wh. El cálculo se encuentra detallado en el anexo.

7.3.2. Dimensionamiento

El tamaño del generador fotovoltaico debe asegurar que para un día del 'mes peor' la

energía producida iguala a la demanda. Se ha aplicado la siguiente fórmula de la energía obtenida de la instalación fotovoltaica para poder calcular el dimensionado y obtener el diseño. Se utiliza la fórmula de la ecuación 10 para asegurar que, incluso en el día peor, se cubren las necesidades todo el año. En junio es cuando la energía solar incidente diaria promedio es menor alcanzando los 5,8 kWh. La energía solar de onda corta incidente diaria total es la que llega a la superficie de la tierra en un área amplia teniendo en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. Se considera que a partir de los 1000 Wh es cuando se genera energía solar. Por tanto, para saber las horas equivalentes de sol en el mes peor se dividen los 5,8 kWh entre los 1000 Wh dando lugar a 5,8 horas.

$$C = W_p \cdot h_{eq} \cdot \eta$$

Ecuación 10. Energía consumida.

Dónde:

- C : Consumo diario (Wh/día)
- W_p : Potencia pico de los paneles
- h_{eq} : Horas equivalentes de sol en el mes peor [59]
- η : Eficiencia del sistema (0,7)

Para hacer este cálculo es necesario saber tanto el consumo diario de electricidad como el de agua, ambos en Wh/día, para poder calcular la demanda total.

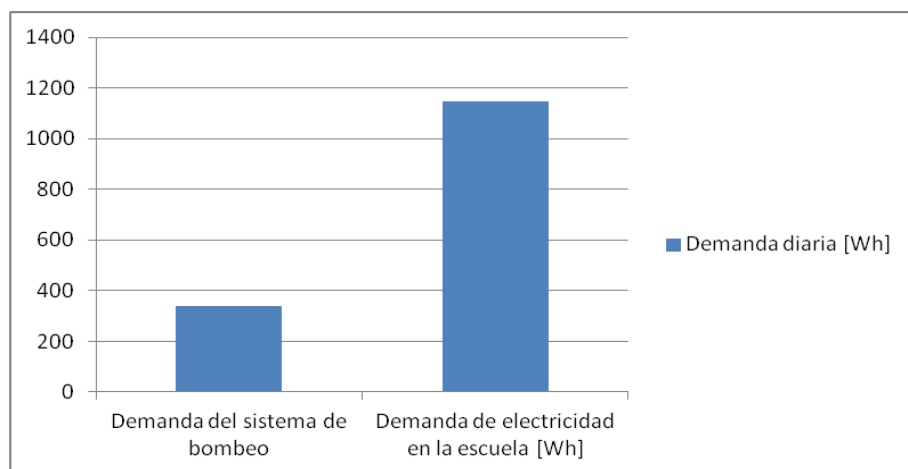


Ilustración 43. Demanda diaria (14).

Conociendo la demanda de consumo diario total a satisfacer (1484,91 Wh), las horas de sol en el mes peor (5,8 h) y la eficiencia se obtiene la potencia necesaria de los paneles. Haciendo el cálculo se obtiene un W_p de 365,74 W. A continuación, se puede conocer el número de paneles necesarios para la instalación habiendo encontrado un distribuidor español que opera en Kenia, llamado Iberian Solar. Entre los productos que ofrece este distribuidor hemos escogido un panel de 150 W para cubrir toda la demanda [60]. El panel se instalará en el techo de una de las aulas para evitar sombreado y asegurar que capta todo el sol posible.

La capacidad útil de las baterías debe permitir de 2 a 5 días de autonomía. Se ha aplicado la siguiente fórmula de la capacidad para poder calcular la capacidad nominal de las baterías.

$$C_B = \frac{\text{Consumo} \cdot \text{Días}}{V \cdot \mu \cdot PD_{max}}$$

Ecuación 11. Capacidad de las baterías.

Donde:

- C_B : Capacidad nominal de baterías (Ah)
- $Días$: Días de autonomía
- V : Voltaje del bus
- μ : Rendimiento regulador (0,9)
- PD_{max} : Profundidad máxima de descarga

Conociendo la demanda de consumo diario a satisfacer, suponiendo los días de autonomía que debe de permitir y aplicando el valor típico de 0,9 al rendimiento regulador, se obtiene la capacidad nominal de las baterías y 3 días de autonomía por ser lo más habitual. Para hacer el cálculo se utilizan baterías de plomo de 12 V del proveedor Formula Star con una capacidad nominal de 260 Ah. Con nuestra demanda de consumo necesitamos una capacidad de 515,59 Ah, de modo que utilizaremos dos baterías para cubrir esta demanda [61].

7.4. Sistema de gestión de residuos

Tras la identificación de la necesidad de un sistema de gestión de residuos para conseguir

que haya una mayor higiene en el colegio, se plantea la siguiente solución. Se sabe que defecar al aire libre provoca varios inconvenientes. En primer lugar, contamina el medio ambiente; en segundo lugar, puede provocar enfermedades a los niños como diarrea, parasitosis o enfermedades de la piel; y, por último, atrae la presencia de moscas y roedores.

Las letrinas tradicionales son una opción mejor que defecar al aire libre. Sin embargo, no son sostenibles, ni ecológicas ni económicas. Los desechos humanos contaminan el medio ambiente y, cada vez que la cámara se llena, se debe excavar un nuevo orificio lo cual genera un gran coste.

Las letrinas secas ecológicas son una buena solución si se realiza un correcto uso y mantenimiento, ya que ayudan a proteger el agua subterránea y a aprovechar los nutrientes contenidos en la orina y en las heces para los cultivos. Las heces y la orina contienen nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio que sirven para garantizar un buen crecimiento de las plantas. Por otra parte, este tipo de letrinas son económicas, tienen larga duración y evitan el mal olor. Es una alternativa muy práctica en lugares donde no se tiene servicios de alcantarillado ya que esta tecnología se adapta a cualquier tipo de clima y usuario [62].

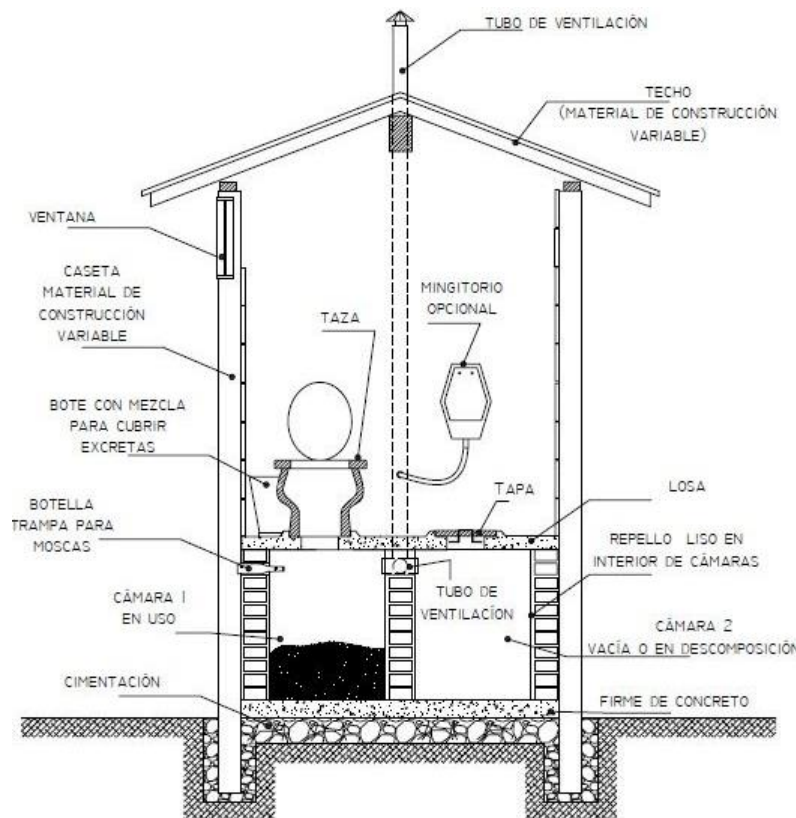


Ilustración 44. Esquema de un sistema de gestión de residuos (27).

La taza está dividida de forma que la orina es recolectada en un recipiente aparte y las heces caen directamente sobre una cámara. De esta manera, los desechos se mantienen secos y sin mal olor y los nutrientes de la orina se aprovechan para el cultivo.

Se requieren dos cámaras, mientras una se encuentra en funcionamiento la otra está en tratamiento. El proceso de las heces requiere como mínimo 2 meses para su descomposición. Los excrementos son tratados de forma que se transforman en un residuo libre de microbios. De esta manera, cuando la cámara en uso esté llena se podrá vaciar la que se encuentra en tratamiento. Las heces pueden ser utilizadas como pre-abono al cabo de un periodo entre 6 meses y 1 año, en ese momento son de un material muy parecido a la tierra y no producen mal olor [63].

7.4.1. Componentes

- Eco-inodoro/taza desviadora

Asiento o taza que contiene un separador de orina y un separador de heces. Al frente contiene el urinario y en la parte trasera el orificio por donde caen las heces a la cámara de secado. La orina se desvía al urinario por medio de un conducto. La taza debe mantenerse tapada con una tapa después de su uso.

- Cámara de secado

Espacio situado debajo de la taza desviadora que cuenta con un contenedor donde caen las heces y se depositan hasta que se transforman en abono natural libre de microorganismos. Contiene también una compuerta para poder sacar el contenedor con las heces. Se deben tener dos cámaras ya que cuando una esté llena, se cierra y se utiliza la otra.

- Mezcla secante

Combinación de tierra y ceniza que se usa para cubrir las heces y hacer que se sequen y en consecuencia que se descompongan más rápidamente.

- Tubo de ventilación

El tubo se puede colocar dentro o fuera del baño, conectado con la cámara de secado para evitar los olores.

- Urinario

Para mayor comodidad de los hombres. De esta forma se evita que la orina vaya a parar a la cámara de secado junto a las heces.

- Recolector de orina

Recipiente cerrado que almacena la orina que posteriormente se utiliza como fertilizante natural.

- Bote para basura

Cada letrina debe de tener un basurero, o algún recipiente para echar basura inorgánica como, por ejemplo, toallas sanitarias, pañales, compresas o materiales de plástico.

- Caseta

Permite un uso de la letrina más agradable, cómodo y discreto.

7.4.2. Uso y mantenimiento

En lo referente al uso y mantenimiento de las letrinas secas se debe [64]:

- Después de cada uso cubrir las heces con material secante para proceder a su descomposición.
- Los hombres deben usar siempre el urinario para evitar que su orina vaya a parar a la

cámara de secado junto a las heces.

- Tirar agua al final del día en el urinario y separador de orina.

7.4.3. Dimensionamiento

Cada caseta consta de dos cámaras secantes con sus respectivas tazas sanitarias y un urinario. Dentro de la caseta, hay una separación entre el urinario y las cámaras secantes para que ambos baños se puedan utilizar simultáneamente.

Se pretende construir 3 casetas; 1 para los profesores y la cocinera, y las otras 2 para los alumnos del colegio.

7.5. Materiales para la construcción

Para la construcción de la estructura del colegio se deben escoger los materiales más adecuados para las diferentes aulas, la cocina y las letrinas. Se tiene que tener en cuenta que cada espacio cerrado está compuesto de suelo, paredes, techo, puerta y ventanas. Dicha selección de los materiales para los diferentes componentes de la estructura toma en consideración el lugar donde se sitúa el colegio y los materiales accesibles a él.

La arquitectura africana usa una amplia variedad de materiales entre los cuales se halla la paja, barro, adobe, madera, tapial y piedra. Como materiales preferentes en África se encuentra el barro; una mezcla de arcilla y arena que destaca por su plasticidad, sensibilidad ecológica, bajo coste económico y por ser duradero.

En la arquitectura africana, también está muy presente el adobe, una pieza para construcción hecha de una masa de barro, mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol. Se utiliza para paredes, muros y arcos. Sus propiedades son la termicidad, la resistencia mecánica, el aislamiento acústico y la resistencia al fuego.

7.6. Esquema de la solución completa

A continuación, se muestra un esquema completo de cómo sería la solución adoptada con todos los equipos y componentes necesarios para instalación.

Cada aula se abastece con bombillas y se instalan enchufes tanto en la sala de profesores

como en la cocina para poder cargar los equipos eléctricos correspondientes. En el techo de la cocina es donde hemos decidido colocar el panel solar para que llegue más fácilmente el cableado al sistema de bombeo solar. Junto con el panel solar se encuentra la batería, el regulador de carga para protegerla y el inversor. Las bombillas LED funcionan en continua de modo que no necesitan el inversor pero para cargar los equipos eléctricos sí que se necesita el inversor para pasar de corriente continua a alterna. El cableado no aparece en el dibujo porque es un poco complejo y dificultaría la visión del esquema pero habría un cableado que saldría del regulador e iría a todas las clases y estaría conectado a las bombillas y, en cambio, habría otro que saldría del inversor e iría solo a la sala de profesores y a la cocina para los enchufes.

En cuanto al abastecimiento de agua, la bomba de agua está conectada al depósito mediante una tubería. Por el otro lado, hay un cableado que conecta el inversor con el sistema de bombeo para que la bomba bombee el agua desde el pozo hasta el sistema de almacenamiento. Para las letrinas, se colocan 3 casetas en el patio para que tanto los alumnos como los profesores puedan ir al baño.

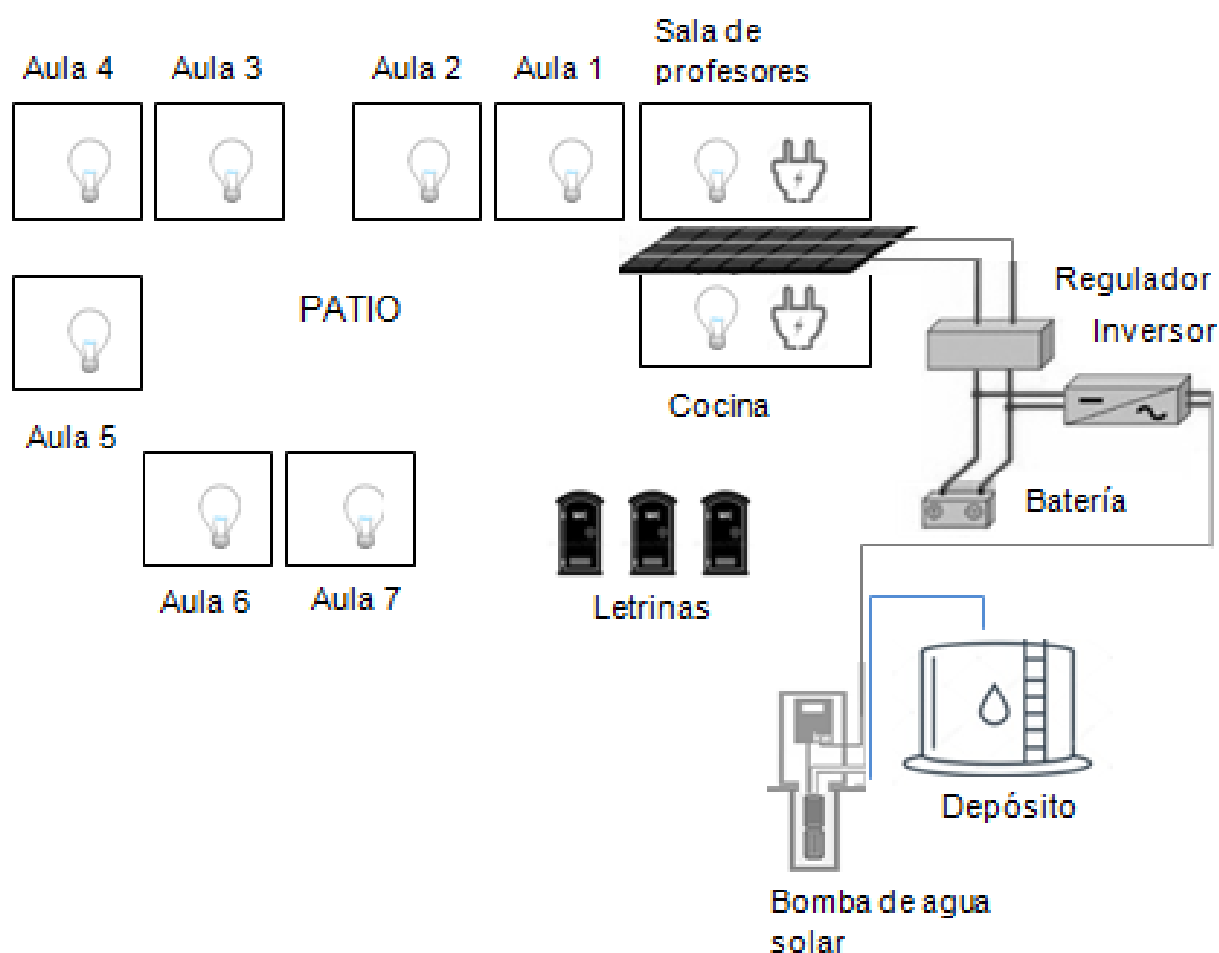


Ilustración 45. Esquema de la solución completa (14).

En la siguiente tabla aparecen todos los equipos utilizados con sus características principales. Para el regulador de carga se escoge un regulador del proveedor MorningStar para poder cargar las dos baterías que se necesitan [65]. El inversor solar escogido es del proveedor de Victron Energy [66].

Las tuberías que se pueden utilizar para la instalación son las de cobre o las de plástico por ser la más habituales y económicas. Los cables estarán compuestos por uno o varios conductores de cobre y recubiertos por material plástico para conseguir el aislamiento. La cantidad de metros necesarios tanto para las tuberías como para el cableado es aproximada ya que no forma parte del alcance del proyecto.

Tabla 8. Equipos y características.

| Elemento | Cantidad | Característica |
|-------------------------|----------|--|
| Bomba | 1 | 1,1 CV, 230 V |
| Depósito | 1 | 650 l |
| Pozo | 1 | Nivel dinámico 50 m Nivel estático 35 m |
| Panel solar | 3 | 150 W |
| Batería | 2 | 12 V, 260 Ah |
| Bombilla | 45 | 1,2 Wh |
| Regulador de carga | 1 | 12 V |
| Inversor | 1 | 12 V |
| Enchufe o tomacorriente | 4 | 240 V, 50 Hz, 13 A |
| Tubería | 40 m | Cobre o plástico |
| Cable | 200 m | Conductores de cobre y aislamiento de plástico |
| Letrinas | 3 | |

8. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL

8.1. Sostenibilidad ambiental

Este proyecto se debe de llevar a cabo provocando el menor impacto ambiental posible. Con este propósito se tendrá especial cuidado, durante las instalaciones de las diferentes infraestructuras proyectadas, en no verter residuos de la construcción.

Una vez finalizadas las instalaciones, se procederá al retiro de todo el material residual, dejando el terreno tal como se encontró. Además, con el fin de minimizar esos impactos se delimitará adecuadamente la zona de instalación y la maquinaria a utilizar deberá estar en buen estado.

Los paneles fotovoltaicos utilizan energía solar; una energía renovable que está disponible en todo el planeta y es inagotable. Esta tecnología solar, además, es extremadamente silenciosa y no emite gases contaminantes, reduciendo el uso de combustibles fósiles y evitando así el calentamiento global.

La gestión de residuos escogida es una solución muy ecológica ya que con ella se protege el agua subterránea que se encuentra debajo del colegio. También hay que recalcar que se aprovechan los nutrientes contenidos en la orina y en las heces para los cultivos.

8.2. Sostenibilidad social

Más allá de las instalaciones que plantea este trabajo, se pretende implicar a la población de Kima en el proyecto del colegio. Por lo tanto, la mano de obra que se contrate para la instalación de los sistemas será local. Además, se explicará el proceso de mantenimiento que requieren todas las infraestructuras a algunos habitantes de Kima para que sean ellos mismos los encargados de llevar a cabo las reparaciones pertinentes. De esta forma, se pretende integrar socialmente a la población keniana.

El género femenino se beneficia de este proyecto ya que cuando mujeres y niñas tengan el periodo tendrán un aseo para su higiene, evitando el absentismo escolar. De esta manera se da un paso hacia la equidad de género.

9. PRESUPUESTO

A continuación, se calculan dos presupuestos. El primer presupuesto es el coste del proyecto de final de grado (TFG) teniendo en cuenta las horas que han sido dedicadas al proyecto y cuánto cobra un ingeniero por hora.

Tabla 9. Presupuesto 1.

| | Horas trabajadas | Tasa | Coste |
|-----------------|------------------|--------|----------------|
| Rosa García | 300 h | 30 €/h | 900 € |
| Natalia Puyuelo | 300 h | 30 €/h | 900 € |
| Total | 600 h | | 1.800 € |

Por otro lado, existe el presupuesto que abarca el trabajo con sus respectivas instalaciones. En este presupuesto no se considera la mano de obra, tampoco el cableado ni tuberías ni el transporte de los elementos ya que el alcance del proyecto no abarca el diseño específico de las instalaciones. El mantenimiento se comenta en el siguiente apartado.

Tabla 10. Presupuesto 2.

| Elemento | Precio | Cantidad | Total |
|--------------------|----------|----------|----------|
| Bomba | 478,28 € | 1 | 478,28 € |
| Depósito | 56,22 € | 1 | 56,22 € |
| Letrinas | 250,00 € | 3 | 750,00 € |
| Panel solar | 93,71 € | 3 | 281,13 € |
| Batería | 272,96 € | 2 | 545,92 € |
| Regulador de carga | 117,20 € | 1 | 117,20 € |
| Inversor | 117,73 € | 1 | 117,73 € |

| | | | |
|--------------------|---------|----|-------------------|
| Bombillas | 2,07 € | 45 | 93,15 € |
| Mini nevera | 97,00 € | 1 | 97,00 € |
| | | | 2.536,63 € |

9.1. Sostenibilidad económica

Inicialmente, se prevé que la inversión inicial del proyecto esté financiada por un donativo para el coste del equipamiento y la instalación de los sistemas. En cuanto al mantenimiento, este no será muy costoso ya que los paneles solares tienen una vida de aproximadamente 30 años y su mantenimiento es nulo pero las baterías hay que cambiarlas cada 5 o 6 años, el inversor cada 10 y el regulador de carga cada 8 o 10.

En siguiente gráfico se puede ver la planificación de gastos como se ha comentado en el párrafo anterior. La inversión inicial del año 1 se supone que estará totalmente cubierta con una donación. A partir del primer año, hay unos costes de mantenimiento de las instalaciones que se pretenden cubrir con la cuota escolar de los alumnos que puedan pagarla. Hay muchas familias que no pueden pagar el colegio, pero tan solo con 5 € / alumno al año ya se cubren los gastos. También habría unos costes de transporte que no hemos calculado, como se ha comentado anteriormente.

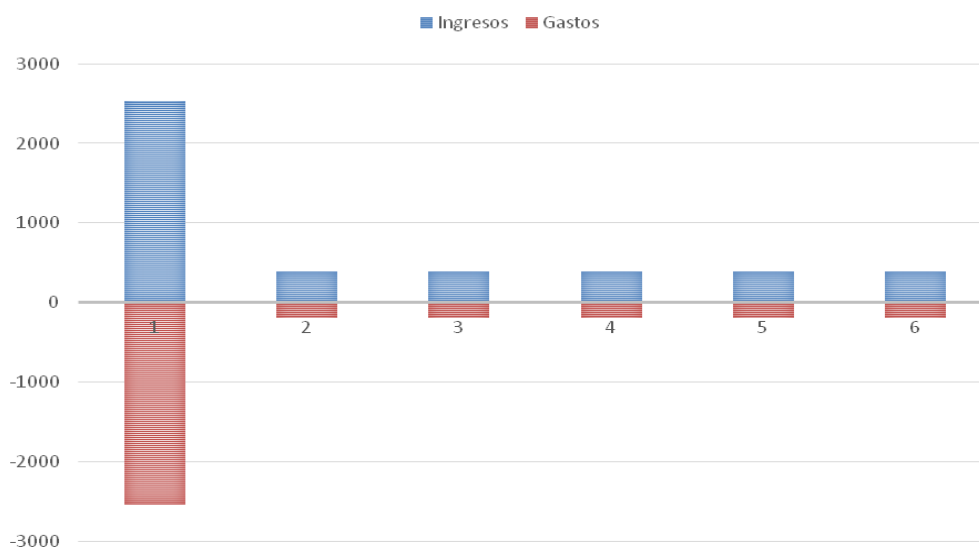


Ilustración 46. Planificación de los costes de 6 años (14).

10. CONCLUSIONES Y OBJETIVOS CONSEGUIDOS

En este proyecto se han llevado a cabo los cálculos, diseño y presupuesto de las instalaciones de un sistema de abastecimiento de agua y saneamiento, evacuación de residuos y electricidad.

Se puede afirmar, una vez finalizado el proyecto, que los resultados obtenidos, cálculos y presupuestos se adecuan a un proyecto real de ejecución. Consideramos que el presupuesto no es muy elevado y, por lo tanto, asequible ya que la demanda a satisfacer tampoco es muy elevada por las circunstancias en las que se encuentra el colegio y el número de alumnos que acuden a él.

En primer lugar, las conclusiones que sacamos con este trabajo responden al cumplimiento de los objetivos principales planteados inicialmente y que han guiado el desarrollo del proyecto. Éstos se han dirigido, por una parte, hacía el desarrollo de toda la información necesaria que requiere el director del colegio Kipepeo para poder llevar a cabo la instalación de los sistemas con una tecnología apropiada. Por la otra parte, se ha diseñado unas estructuras que no tendrán problemas de funcionalidad o durabilidad con el tiempo ya que se ha pensado en la rentabilidad a largo plazo. Además, la mano de obra será local aportando conocimientos técnicos a la comunidad y consiguiendo la sostenibilidad social.

En segundo lugar, se consigue promover los ODS que hablan la educación de calidad, el agua limpia y el saneamiento, y, por último, la energía asequible y no contaminante. De forma indirecta también se aborda otros ODS que afectan de manera transversal a este proyecto como la salud y el bienestar, la igualdad de género, la reducción de las desigualdades y la acción por el clima.

Finalmente, este proyecto ha servido de aplicación práctica a lo estudiado en el transcurso de la carrera en materias principalmente de electricidad, dimensionamiento, medio ambiente, materiales, etc. A nivel personal, el proyecto nos ha hecho ser más conscientes del nivel de desarrollo en Kenia y de lo mucho que se puede hacer para mejorar las condiciones actuales.

11. COMPETENCIAS

A continuación, se hace un listado de las competencias de los estudios del grado asumidas a lo largo del proyecto.

Competencias generales:

- CGMQ10: adaptarse a los cambios, y ser capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros procesos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor
- CGMQ4: realizar la búsqueda apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología

Competencias específicas:

- CE11: conocimientos de los fundamentos de la electrónica.
- CE16: conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.
- CLEAR17: el estudiante es capaz de adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad.
- CEELEC3: proyectar instalaciones eléctricas convencionales y no convencionales (energías renovables).
- CEELECT2: analizar, diagnosticar y mantener sistemas electrónicos y dirigir equipos de mantenimiento de sistemas electrónicos o de sistemas en los que los subsistemas electrónicos tengan un peso específico importante.
- CEEENE1: aplicar conocimientos y criterios de valoración en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de recursos renovables de energía, tanto para sistemas aislados como para conectados a la red. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más innovadoras en el ámbito de aprovechamiento de recursos renovables de energía.
- CEEENE2: gestionar la cadena energética (generación, transformación y utilización)

para conseguir eficiencia energética en un proceso o producto.

- CEEN1: entender, describir y analizar, de forma clara y amplia toda la cadena de conversión energética, des de su estado como “fuente de energía” hasta su consumo como “servicio energético”, identificar, describir y analizar la situación y las características de los diferentes recursos energéticos y de los usos finales de la energía, en sus dimensiones económica, social y ambiental; y formular juicios valorativos.
- CEME19: conocimiento y capacidades para el diseño y cálculo de infraestructuras.

12. FUTUROS DESARROLLOS

Una vez conseguidos los objetivos planteados en este trabajo y asegurando que el sistema es sostenible en el tiempo y en todas las áreas se podría dar un paso más. Al pensar en futuros desarrollos se plantea como mejorar el día a día de los alumnos con aquello que van más allá de la estructura y las instalaciones del colegio.

El primer punto a tratar está relacionado con la alimentación (ODS nº 2). Como ya se ha comentado anteriormente, su alimentación carece de variedad y equilibrio. Para hacer frente a esto, se proponen las siguientes soluciones.

Para empezar, habilitar un huerto con la plantación de ciertas hortalizas puede equilibrar la dieta de los niños. También la plantación de árboles frutales puede afectar positivamente al introducir algo de fruta en los menús de los niños ya que la fruta aporta agua, vitaminas, minerales y fibra. Las frutas producen sensación de saciedad al contener fibra lo que es realmente positivo ya que en Kenia no abunda precisamente la comida.

También se propone tener un espacio habilitado para poner un gallinero con el objetivo de cuidar a las gallinas para que puedan poner huevos y estos sean utilizados para la alimentación de los niños. También su carne será utilizada para conseguir una dieta más equilibrada con proteína. Cuando las gallinas dejen de ser efectivas para el uso alimentario se pueden vender para conseguir financiación para comprar otros alimentos para el colegio.

El huerto y el gallinero se pueden utilizar también para conseguir financiación para el colegio y no depender de externos. De esta manera, se podrían abordar los ODS nº 11 y nº 12 que hablan de comunidades sostenibles y de producción y consumo sostenible, respectivamente.

Por otra parte, se propone instalar un sistema de filtrado con el objetivo de potabilizar el agua ya que como se ha comentado en el trabajo el agua subterránea no es apta para el consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía de las ilustraciones

- (1) PNUD (2018). *Índices e indicadores de desarrollo humano*. Nueva York, Estados Unidos.
- (2) Carlos del Cañizo Nadal (Febrero 2019). *Papel de la ingeniería en Cooperación para el Desarrollo*. ETSIT UPM, Madrid, España.
- (3) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- (4) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>
- (5) WIKIPEDIA. *Kenia*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Kenia>
- (6) Informe PNUD (1997)
- (7) MAPS KENYA. *Kenia ciudades mapas*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://es.maps-kenya-ke.com/kenia-ciudades-mapa>
- (8) WEATHER SPARK. *El clima promedio en Kisumu, Kenia*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/98112/Clima-promedio-en-Kisumu-Kenia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- (9) WIKIPEDIA. *África subsahariana*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81frica_subsaariana#/media/Archivo:Sub-Saharan-Africa.svg
- (10) THINK GEOENERGY. *Geothermal an increasingly important source of electricity for Kenya*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <http://www.thinkgeoenergy.com/geothermal-an-increasingly-important-source-of-electricity-for-kenya/>
- (11) INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2014). *A focus on energy prospects in sub-saharan Africa*.
- (12) AYUDA EN ACCIÓN. *Los problemas del agua en África*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/solidaridad/problemas-del-agua-africa/>
- (13) GOOGLE MAPS. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.google.es/maps/place/Kipepeo+Community+Empowerment+Program/@0.0178186,34.6162377,15.17z/data=!4m5!3m4!1s0x17800743408ef1dd:0x602de5b926d94be4!8m2!3d0.0244697!4d34.6228371?hl=es>
- (14) Fuente propia
- (15) REVOSOLAR SHOP. *Kit solar 10kw aislada*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <http://www.revosolar.com/tienda-online-solar/es/kits-fotovoltaicas-aisladas/713-kit-solar-10-kw-aislada.html>
- (16) SOLARGIS. *Mapas de recurso solar*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/overview>
- (17) ALLIANCE FOR RURAL ELECTRIFICATION (Junio 2011). *Rural electrification with renewable energy*. Bruselas, Bélgica.
- (18) ENAIR. *En minieólica las grandes empresas eligen enair*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.enair.es/es/noticia/en-minieolica-las-grandes-empresas-eligen-enair>
- (19) Carlos del Cañizo Nadal (Abril 2019). *Tecnologías apropiadas: fotovoltaica y minieólica*. ETSIT UPM, Madrid, España.
- (20) Alba Ramos Cabal (Abril 2018). *Tecnologías apropiadas: mini-hidráulica, biomasa y biocombustibles*. ETSIT UPM, Madrid, España.
- (21) MAPS KENYA. *Mapa de Kenia mostrando los ríos*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://es.maps-kenya-ke.com/mapa-de-kenia-mostrando-los-r%C3%ADos>

(22) GESTIÓN Y AMBIENTE. *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/27534/1/25392-89359-1-PB.pdf>

(23) THE BORGEN PROJECT. *The hippo roller water: a water collection solution*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://borgenproject.org/hippo-roller-water-collection-solution/>

(24) Fernando Poza. *Sistemas fotovoltaicos de bombeo*. Instituto de Energía Solar de la UPM, Madrid, España.

(25) Maria del Carmen Alonso García. *El generador fotovoltaico*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/file/18642/download?token=ZAMAIUym>

(26) GOOGLE MAPS. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://www.google.es/maps/place/Bunyore+Girls+High+School.+P.O.+Box+165.+Kenia/@0.0263447,34.6215784,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x1780071945e1d70f0x8fb6f07b0a80a53918m2!3d0.0266303!4d34.6237664?hl=es>

(27) PINTEREST. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://www.pinterest.co.uk/pin/537758011740782524/?autologin=true>

Referencias bibliográficas

[1] PNUD (2015). *Informe sobre Desarrollo Humano 2015: trabajo al servicio del desarrollo humano*. Nueva York, Estados Unidos.

[2] PNUD (2001). *Informes sobre Desarrollo Humano 2001*. Basingstoke, Reino Unido.

[3] PNUD. *Oficina del Informe sobre Desarrollo Humano*.

[4] PNUD (2018). *Índices e indicadores de desarrollo humano*. Nueva York, Estados Unidos.

[5] EADE, DEBORAH Y WILLIAMS (1995). *The Oxfam Handbook of Development and Relief*. Oxford, Reino Unido.

[6] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Objetivos de desarrollo sostenible*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

[7] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Objetivos de desarrollo del milenio*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>

[8] ORATLAS. *Kenia situación y antecedentes*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <http://www.oratlas.com/libro-mundial/kenia>

[9] CONSTITUTION OF KENYA (2010). *Article 6: Devolution and access to Services*.

[10] ATLAS MUNDIAL DE DATOS. *Kenia*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://knoema.es/atlas/Kenia/topics/Educaci%C3%B3n>

[11] EXPANSIÓN. *Índice global de la brecha de género*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/indice-brecha-genero-global>

[12] INTER PRESS SERVICE. *Kenia: un presupuesto más sensible al género*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <http://www.ipsnoticias.net/2011/07/kenia-un-presupuesto-mas-sensible-al-genero/>

[13] AFROL. *Kenia*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <http://www.afrol.com/es/Categorias/Mujeres/kenia.htm>

[14] MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES. *República de Kenia*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: http://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/KENIA_FICHA%20PAIS.pdf

- [15] EXPANSIÓN. *Kenia- esperanza de vida al nacer*. Consulta: Mayo 2019. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/esperanza-vida/kenia>
- [16] WEATHER SPARK. *El clima promedio en Kisumu, Kenia*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/v/98112/Clima-promedio-en-Kisumu-Kenia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [17] R. O. Collins y J. M. Burns (Febrero 2007). *A History of Sub-Saharan Africa*. Cambridge University Press, Santa Bárbara, Estados Unidos.
- [18] Cecilia Briceño Garmendia y Maria Shkaratan (Diciembre 2011). *Power tariffs: caught between cost recovery and affordability*. Washington DC, Estados Unidos.
- [19] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2014). *A focus on energy prospects in sub-saharan Africa*.
- [20] TENDENCIAS 21. *Los acuíferos subterráneos de África podrían abastecer a todo el continente*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: https://www.tendencias21.net/Los-acuiferos-subterraneos-de-Africa-podrian-abastecer-a-todo-el-continente_a12057.html
- [21] AYUDA EN ACCIÓN. *La escasez de agua, un problema mundial*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/solidaridad/escasez-de-agua-problema-mundial/>
- [22] AFRICANIDAD. *Mejorando el acceso al agua en África*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: http://www.africanidad.com/2016/04/mejorando-el-acceso-al-agua-en-africa_82.html
- [23] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Más de 2000 millones de personas no tienen acceso a agua*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452891>
- [24] NUEVA TRIBUNA. *África se muere de sed*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/frica-se-muere-de-sed/20110214043122040041.html>
- [25] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Agua*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- [26] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Enfermedades diarreicas*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
- [27] Dra. Pilar Tello Espinoza. *Uso seguro del agua para el reúso*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: http://www.aidisnet.org/PDF/AIDIS-Uso_seguro_del_agua_26_sep.pdf
- [28] 20 MINUTOS. *La malnutrición también se oculta tras la estatura*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://www.20minutos.es/noticia/2560425/0/malnutricion-infantil/oculta/estatura-ninos/>
- [29] Marilyn Thompson. *El ODS 6*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <https://es.slideshare.net/gwpcam/salud-y-ods-6>
- [30] UNIVERSIDAD DE NAVARRA. *Suministro de agua en Kenia*. Consulta: Junio 2019. Disponible en: <http://ncid.unav.edu/es/actualidad/suministro-de-agua-en-kenia-problemas-y-desaf%C3%ADos-en-la-gesti%C3%B3n-de-un-recurso-natural>
- [31] ENERGÍA SOLAR. *Efecto fotovoltaico*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://solar-energia.net/definiciones/efecto-fotovoltaico.html>
- [32] LA GUÍA SOLAR. *Kenia tendrá energía solar para el 2016*. Consulta: Julio 2019. Disponible en:

<http://www.laguiasolar.com/kenia-con-energia-solar/>

[33] ERENOVABLE. Energía solar ventajas y desventajas. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>

[34] APRENDE CON ENERGÍA. Ventajas y desventajas de la energía solar. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.aprendeconenergia.cl/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar/>

[35] Carlos del Cañizo Nadal (Abril 2019). *Tecnologías apropiadas: fotovoltaica y minieólica*. ETSIT UPM, Madrid, España.

[36] AIP PUBLISHING (2016). *High-efficiency AlGaInP solar cells grown by molecular beam epitaxy*.

[37] SOLARGIS. Mapas de recurso solar. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/overview>

[38] APPA. ¿Qué es la energía minieólica? Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.appa.es/appa-minieolica/que-es-la-energia-minieolica/>

[39] *Mini aerogeneradores*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <http://www.allsmallwindturbines.com/>

[40] FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Guía sobre tecnología minieólica. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-minieolica-fenercom-2012.pdf>

[41] DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. Curva de potencia de un aerogenerador. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <http://xn--drnstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wres/pwr.htm>

[42] Alba Ramos Cabal (Abril 2018). *Tecnologías apropiadas: mini-hidráulica, biomasa y biocombustibles*. ETSIT UPM, Madrid, España.

[43] COMUNICAE. La importancia de las fuentes de agua en los colegios. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.comunicae.es/nota/la-importancia-de-las-fuentes-de-agua-en-los-1169198/>

[44] UNICEF. Lavarse las manos puede salvar millones de vidas. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.unicef.es/prensa/lavarse-las-manos-puede-salvar-millones-de-vidas-al-ano>

[45] Francisco Javier Pérez de la Cruz. ABASTECIMIENTO DE AGUAS. Consulta: Julio 2019. Disponible en: http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod_resource/content/1/Tema_02_CAPT_AGUAS_SUP.pdf

[46] MINISTERIO DE SALUD. Manual de procedimientos técnicos de saneamiento. Consulta: Julio 2019. Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/753_MINSA179.pdf

[47] HIPPO ROLLER. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.hipporoller.org/>

[48] Eduardo Zarza Moya. Desalinización de agua del mar mediante energías renovables. Consulta: Julio 2019. Disponible en: [http://www.dipalme.org/servicios/anexos/anexosiea.nsf/vanexos/iea-sa-c10/\\$file/sa-c10.pdf](http://www.dipalme.org/servicios/anexos/anexosiea.nsf/vanexos/iea-sa-c10/$file/sa-c10.pdf)

[49] QUANTUM ENERGÍA VERDE. Bombeo solar fotovoltaico. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.quantumenergia.es/es/bombeo-solar-fotovoltaico-que-es/>

[50] Fernando Poza. *Sistemas fotovoltaicos de bombeo*. Instituto de Energía Solar de la UPM, Madrid, España.

[51] Maria del Carmen Alonso García. El generador fotovoltaico. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/file/18642/download?token=ZAMAIUym>

[52] MPPT SOLAR. Como funciona un inversor. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>

[53] Cristina Ramos Flores. *Análisis de un convertidor DC/DC*. Consulta: Julio 2019. Disponible en:

http://oa.upm.es/48060/1/TFG_CRISTINA_RAMOS_FLORES.pdf

[54] David Arija González. *Prototipo de sistema de bombeo fotovoltaico para proyectos de cooperación al desarrollo con tecnologías apropiadas*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10871/PROYECTO%20final.%20David%20Arija%20Gonzalez.pdf;jsessionid=E4A78430CA2E67F09D913356CFC662DC?sequence=1>

[55] DANFOSS. *¿Qué es un convertidor de frecuencia?* Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.danfoss.com/es-es/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-an-ac-drive/>

[56] COMERÇ TURRÓ. *Elegir una bomba de agua sumergible*. Consulta: Julio 2019. Disponible en: <https://www.comercturro.com/blog/herramientas/elegir-una-bomba-de-agua-sumergible.html>

[57] AUTOSOLAR. *Bomba sumergible ESPA 1.1CV Neptun fl60-45-M 230V*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://autosolar.es/bombas-sumergibles-230v/bomba-sumergible-espa-11cv-neptun-fl60-45-m-230v>

[58] IDEAL. *¿Cuánto cuesta cargar la batería de un móvil?* Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://www.ideal.es/tecnologia/201701/25/cuanto-cuesta-cargar-bateria-20170124171044.html>

[59] EFIMARKET. *¿Qué es la hora solar pico (HSP)?* Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/>

[60] IBERIAN SOLAR. *Ficha técnica IBS72P*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: https://lm8solar.com/wp-content/uploads/2018/05/Datasheet_iberianSolar-IBS36P_v6.0o.pdf

[61] AUTOSOLAR. *Baterías de plomo*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: https://autosolar.es/pdf/FORMULA_STAR_SOLAR_MONOBLOCK_2017.pdf

[62] PSAE. *Letrina seca ecológica*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/54b541c0e4b01c9a0177a330/t/5a0db86024a694ad0a7d385c/1510848625073/Manual+de+Mantenimiento+y+Uso.pdf>

[63] UNIVERSIDAD DE LA SALLE. *Diseño e implementación de un sistema sanitario*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17997/41072111_2015.pdf?sequence=1

[64] SALUD SIN LÍMITES. *Manual de construcción de baño ecológico*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <http://ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/Manual-de-construccion-de-ba--o-ecologico-seco.pdf>

[65] AUTOSOLAR. *Ficha técnica*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-2-baterias/regulador-carga-2-baterias-25a-morningstar>

[66] AUTOSOLAR. *Ficha técnica*. Consulta: Agosto 2019. Disponible en: <https://autosolar.es/pdf/Victron-Phoenix-Inversor-VE.Direct-250VA-1200VA.pdf>

Bibliografía complementaria

OMS. *Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos*. Consulta: Junio 2019. Disponible en:



https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44349/9789243547794_spa.pdf;jsessionid=A83BAE3DA4DDA0C6C9F4D95F78D6779E?sequence=1

Componentes de una instalación fotovoltaica. Consulta: Julio 2019. Disponible en:
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

ANEXOS

- Cálculo del consumo de energía eléctrica

Consumo de energía de las aulas = $5 \cdot 1,2 \text{ W} \cdot 4 \text{ h} = 24 \text{ Wh}$

Consumo de energía sala de profesores =

$5 \cdot 1,2 \text{ W} \cdot 4 \text{ h} + 4 \cdot 5 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} + 1 \cdot 80 \text{ W} \cdot 2 \text{ h} = 24 \text{ Wh} + 20 \text{ Wh} + 160 \text{ Wh} = 204 \text{ Wh}$

Consumo de energía de la cocina = $5 \cdot 1,2 \text{ W} \cdot 4 \text{ h} + 70 \text{ W} \cdot 8 \text{ h} = 24 \text{ Wh} + 560 \text{ Wh} = 584 \text{ Wh}$

Consumo de energía total = $7 \cdot 24 + 204 + 584 = 956 \text{ Wh}$

- Cálculo de la demanda de agua

Demanda de agua para el consumo humano = $1 \text{ l/día} \cdot \text{persona} \cdot 100 \text{ personas} = 100 \text{ l/día}$

Demanda de agua para lavado de manos = $1 \text{ l/día} \cdot 5 \text{ veces/día} \cdot 100 \text{ personas} = 500 \text{ l/día}$

Demanda de agua para la limpieza de la escuela = $20 \text{ l/limpieza} \cdot 3 \text{ limpieza/semana} \cdot 1 \text{ semana/5 días} = 12 \text{ l/día}$

Demanda de agua para la limpieza de las letrinas = $2 \text{ l/letrina} \cdot \text{día} \cdot (3 \text{ letrinas} + 3 \text{ urinarios}) = 12 \text{ l/día}$

Demanda total de agua = $100 \text{ l/día} + 500 \text{ l/día} + 12 \text{ l/día} + 12 \text{ l/día} = 654 \text{ l/día} \cdot 5 \text{ días/semana} = 3.270 \text{ l/semana}$

- Fichas técnicas

Panel solar



ELECTRICAL PARAMETERS / MODEL IBS36P

| Maximum Power (Pmax/W) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Operating Voltage (Vmpp/V) | 17.4 | 17.1 | 17.9 | 18.3 | 17.9 | 18.3 | 18.3 | 17.9 | 17.8 | 18.4 |
| Operating Current (Impp/A) | 0.29 | 0.59 | 0.84 | 1.09 | 1.40 | 1.64 | 1.91 | 2.51 | 2.53 | 2.72 |
| Open-Circuit Voltage (Voc/V) | 22.0 | 21.8 | 22.1 | 22.3 | 22.1 | 22.3 | 22.3 | 22.1 | 22.0 | 22.1 |
| Short-Circuit Current (Isc/A) | 0.31 | 0.65 | 0.92 | 1.19 | 1.54 | 1.79 | 2.08 | 2.78 | 2.72 | 2.89 |
| Module Efficiency η_m (%) | 8.90 | 10.80 | 10.80 | 11.64 | 12.00 | 12.50 | 12.50 | 12.38 | 12.60 | 12.60 |
| Weight (kg) | 0.8 | 1.34 | 1.8 | 2.1 | 2.7 | 3.1 | 3.3 | 4.3 | 4.2 | 4.2 |
| Dimensions (mm) | 290x190x25 | 245x375x25 | 298x350x25 | 487x350x25 | 428x513x25 | 457x513x25 | 419x678x25 | 529x678x25 | 660x540x25 | 770x515x30 |

| Maximum Power (Pmax/W) | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Operating Voltage (Vmpp/V) | 17.8 | 18.3 | 17.5 | 18.0 | 18.5 | 17.7 | 18.1 | 17.8 | 18.2 | 18.5 |
| Operating Current (Impp/A) | 3.08 | 3.29 | 3.71 | 3.89 | 4.06 | 4.53 | 4.71 | 5.06 | 5.23 | 5.41 |
| Open-Circuit Voltage (Voc/V) | 22.1 | 22.0 | 21.7 | 22.3 | 22.9 | 21.9 | 22.4 | 22.0 | 22.5 | 22.9 |
| Short-Circuit Current (Isc/A) | 3.28 | 3.49 | 4.00 | 4.15 | 4.31 | 4.84 | 4.99 | 5.44 | 5.59 | 5.74 |
| Module Efficiency η_m (%) | 13.20 | 13.00 | 12.70 | 13.70 | 14.70 | 13.30 | 14.10 | 13.50 | 14.20 | 15.00 |
| Weight (kg) | 4.8 | 5.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.65 | 6.65 | 7.65 | 7.65 | 7.65 |
| Dimensions (mm) | 660x630x25 | 690x668x30 | 770x660x30 | 770x660x30 | 770x660x30 | 910x660x30 | 1910x660x25 | 1010x660x25 | 1010x660x25 | 1010x660x25 |

| Maximum Power (Pmax/W) | 110 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Operating Voltage (Vmpp/V) | 17.4 | 17.7 | 17.9 | 17.4 | 17.4 | 18.0 | 18.2 | 18.7 | 19.2 | 19.6 |
| Operating Current (Impp/A) | 6.33 | 6.80 | 6.98 | 7.48 | 7.76 | 7.77 | 7.99 | 8.06 | 8.10 | 8.24 |
| Open-Circuit Voltage (Voc/V) | 22.4 | 22.7 | 22.7 | 22.6 | 23.4 | 22.3 | 22.5 | 22.2 | 22.9 | 23.0 |
| Short-Circuit Current (Isc/A) | 6.78 | 7.36 | 7.47 | 8.08 | 8.29 | 8.30 | 18.47 | 8.63 | 8.65 | 8.79 |
| Module Efficiency η_m (%) | 14.80 | 14.30 | 14.90 | 14.00 | 14.60 | 14.00 | 14.50 | 15.03 | 15.53 | 16.03 |
| Weight (kg) | 8.73 | 9.31 | 9.31 | 10.3 | 10.3 | 10.8 | 10.8 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| Dimensions (mm) | 1120x670x30 | 1270x660x25 | 1270x660x25 | 1400x660x30 | 1400x660x30 | 1470x680x30 | 1470x680x30 | 1480x674x35.3 | 1480x674x35.3 | 1480x674x35.3 |

Power Tolerance (Wp)

±3 %

NOCT

45±2°C

Values at Standard Test Conditions STC (AM 1.5, Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C)

Mini nevera

Características:

- Nevera eléctrica con capacidad de 40 litros.
- NO FROST.
- Lun interna (LED).
- Refrigeración termoeléctrica SIN COMPRESOR Rango de temperatura: 5 / 12°C.
- Control de temperatura ajustable.
- Potencia 70W.
- Consumo: 0,8 kw/h 24h (15°C).
- Peso: 9,5kg.
- Sin vibraciones.
- Muy Silencioso.
- Puerta reversible.

Especificaciones

- **Peso y dimensiones**
 - Ancho: 430 mm
 - Profundidad: 430 mm
 - Altura: 510 mm
- **Control de energía**
 - Carga conectada: 70 W
- **Ergonomía**
 - Luz Interior de la nevera: SI
- **Otras características**
 - Número de compresores: 1
 - Intervalo de temperatura operativa: 5 - 12°C
- **Diseño**
 - Diseño: Independiente
 - Color del producto: Negro
 - Bisagra para puerta: Derecho
 - Puertas reversibles: SI
- **Desempeño**
 - Frigorífico, capacidad neta: 40 L
 - Termostato: SI

Comprar Orbegozo NVE 4500 Mini Nevera Negra 70W

Bombilla

| DESCRIPCIÓN PRODUCTO | FICHA TÉCNICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|-------|------------------|-----|--------|-------|----------|-------|----------------|---------------|----------|-----|-----------------|----------|---------------------|----|-----------------|--------|-------------------|-----|-------|--------|---------|------|----------------------|----|---------------|-------|----------------------------------|------|----------|----------|------------------------|---|---------------------|---------------|
| CERTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Producto certificado por la C.E. | ALIMENTACIÓN <table><tr><td>Alimentación</td><td>230 V</td></tr><tr><td>Clase energética</td><td>A++</td></tr></table> MEDIDAS <table><tr><td>Altura</td><td>70 mm</td></tr><tr><td>Diámetro</td><td>45 mm</td></tr></table> TIPO DE LUZ <table><tr><td>Color bombilla</td><td>blanco cálido</td></tr><tr><td>Tipo Led</td><td>SMD</td></tr><tr><td>Efecto luminoso</td><td>luz fija</td></tr><tr><td>Luminosidad (Lumen)</td><td>70</td></tr><tr><td>Temperatura luz</td><td>3000°K</td></tr><tr><td>Tipo de casquillo</td><td>E27</td></tr></table> CARACTERÍSTICAS GENERALES <table><tr><td>Color</td><td>blanco</td></tr><tr><td>Consumo</td><td>1,2W</td></tr><tr><td>Intensidad regulable</td><td>no</td></tr><tr><td>Forma lámpara</td><td>globo</td></tr><tr><td>Índice de reproducción cromática</td><td>> 80</td></tr><tr><td>Material</td><td>plástico</td></tr><tr><td>Cantidad en el paquete</td><td>1</td></tr><tr><td>Cable en suspensión</td><td>no se incluye</td></tr></table> | Alimentación | 230 V | Clase energética | A++ | Altura | 70 mm | Diámetro | 45 mm | Color bombilla | blanco cálido | Tipo Led | SMD | Efecto luminoso | luz fija | Luminosidad (Lumen) | 70 | Temperatura luz | 3000°K | Tipo de casquillo | E27 | Color | blanco | Consumo | 1,2W | Intensidad regulable | no | Forma lámpara | globo | Índice de reproducción cromática | > 80 | Material | plástico | Cantidad en el paquete | 1 | Cable en suspensión | no se incluye |
| Alimentación | 230 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clase energética | A++ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altura | 70 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro | 45 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Color bombilla | blanco cálido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tipo Led | SMD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Efecto luminoso | luz fija | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Luminosidad (Lumen) | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura luz | 3000°K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tipo de casquillo | E27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Color | blanco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consumo | 1,2W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intensidad regulable | no | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Forma lámpara | globo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice de reproducción cromática | > 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Material | plástico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cantidad en el paquete | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cable en suspensión | no se incluye | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


Depósito

KENTAINERS LTD

Please select the price from the zone (1 to 8) where you prefer the product to be delivered

| 0-50Km Zone 1 | 51-100Km Zone 2 | 101-150Km Zone 3 | 151-250Km Zone 4 | 251-350Km Zone 5 | 351-450Km Zone 6 | 451-600Km Zone 7 | 600-1100Km Zone 8 |
|---|--|---|--|--|---|--|--|
| Nairobi, Karen Ngong, Ongata Rongai, Kitengela, Athi River, Ruai, Juja, Ruiru, Kikuyu | Muranga, Kajiado, Machakos town, Naivasha | Magadi, Gilgil, Narok, Nyeri, Embu, Sultan Hamud | Nakuru, Namanga Kitui, Mwingi Molo, Nyahururu, Nanyuki Solai, Londiani, Nyeri Kisima, Lorule Bomet, Nguni, Kitui Kibwezi, Mito Andei | Kericho, Kisii Muhoroni, Isiolo Meru, Marigat Kisumu, Eldoret Kapsabet, Voi, Isiolo Taveta, Maralal, Maua | Migori, Homabay Butere, Kitale Kindu bay, Kakamega Tsavo, Bura Garisa, Laikipia, Webuye, Bungoma, Maralal, Bondo, Siaya | Busia, Modogashi Baragoi, Marsabit Habaswein, Hagadera Liboi, Mombasa, Hola | Loiyangalani, N. Horr, Buna Wajir, Turukana, Lamu, Kakuma, Lokichogio, Moyale, Lodwa Elwak, Takaba Mander, Malindi |

| KENTANK - Above Ground Static Water Storage Tanks - CCV Series | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Product Code | Capacity in Litres | Dimensions cms (Approx) | | Price Incl. VAT - Kshs. | Price Incl. VAT - Kshs. | Price Incl. VAT - Kshs. | Price Incl. VAT - Kshs. | Price Incl. VAT - Kshs. | Price Incl. VAT - Kshs. | Price Incl. VAT - Kshs. |
| | | Height | Dia | 0-50Km Zone 1 | 51-100Km Zone 2 | 101-150Km Zone 3 | 151-250Km Zone 4 | 251-350Km Zone 5 | 351-450Km Zone 6 | 451-550Km Zone 7 |
| CCV 50 | 500 L | 103 | 186 | 4,500.00 | 4,635.00 | 4,725.00 | 4,815.00 | 4,950.00 | 5,040.00 | 5,220.00 |
| CCV 100 | 1,000 L | 142 | 108 | 7,500.00 | 7,725.00 | 7,875.00 | 8,025.00 | 8,250.00 | 8,400.00 | 8,700.00 |
| CCV 150 | 1,500 L | 160 | 121 | 10,500.00 | 10,815.00 | 11,025.00 | 11,235.00 | 11,550.00 | 11,760.00 | 12,180.00 |
| CCV 200 | 2,000 L | 216 | 198 | 12,700.00 | 13,081.00 | 13,335.00 | 13,589.00 | 13,970.00 | 14,224.00 | 14,732.00 |
| CCV 230 | 2,300 L | 181 | 138 | 15,000.00 | 15,450.00 | 15,750.00 | 16,050.00 | 16,500.00 | 16,800.00 | 17,400.00 |
| CCV 250 | 2,500 L | 178 | 142 | 17,000.00 | 17,510.00 | 17,850.00 | 18,190.00 | 18,700.00 | 19,040.00 | 19,720.00 |
| CCV 300 | 3,000 L | 196 | 150 | 19,000.00 | 19,570.00 | 19,950.00 | 20,330.00 | 20,900.00 | 21,280.00 | 22,040.00 |
| CCV 400 | 4,000 L | 206 | 171 | 28,200.00 | 29,046.00 | 29,610.00 | 30,174.00 | 31,020.00 | 31,584.00 | 32,712.00 |
| CCV 500 | 5,000 L | 210 | 186 | 33,000.00 | 33,990.00 | 34,650.00 | 35,310.00 | 36,300.00 | 36,960.00 | 38,280.00 |
| CCV 600 | 6,000 L | 216 | 198 | 40,000.00 | 41,200.00 | 42,000.00 | 42,800.00 | 44,000.00 | 44,800.00 | 46,400.00 |
| CCV 800 | 8,000 L | 259 | 218 | 57,000.00 | 58,710.00 | 59,850.00 | 60,990.00 | 62,700.00 | 63,840.00 | 66,120.00 |
| CCV 1000 | 10,000 L | 262 | 234 | 65,700.00 | 67,670.00 | 69,000.00 | 70,300.00 | 72,300.00 | 73,600.00 | 76,200.00 |
| CCV 1600 | 16,000 L | 277 | 286 | 140,000.00 | 144,200.00 | 147,000.00 | 149,800.00 | 154,000.00 | 156,800.00 | 162,400.00 |
| CCV 2400 | 24,000 L | 280 | 346 | 240,000.00 | 247,200.00 | 252,000.00 | 256,800.00 | 264,000.00 | 268,800.00 | 278,400.00 |



Batería



Formula Star son baterías de Plomo-ácido abiertas para almacenar energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos.

INFORMACIÓN DE DISEÑO

- Placas y separadores especiales.
- Larga vida en ciclos de carga y descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas.
- Reducida auto-descarga.
- Mayor tensión de descarga mediante conexiones interiores más cortas.
- Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos.
- Baterías estacionarias especialmente diseñadas para instalaciones fotovoltaicas



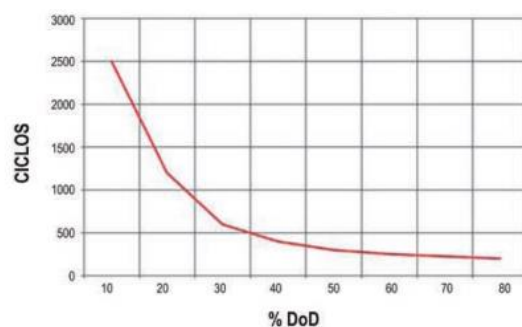
APLICACIONES

- Casas, campers, barcos, estaciones de montaña
- Iluminación en calles y parques
- Semáforos y señales de tráfico
- Estaciones de medida, estaciones de bombeo, etc

DATOS TÉCNICOS (TEMPERATURA REFERENCIA 25°C)

| MODELO | V | Capacidad C100 (Ah) | Dimensiones (mm) | | |
|---------------------------|----|---------------------|------------------|-------|------|
| | | | Largo | Ancho | Alto |
| FORMULA STAR FS 70 SOLAR | 12 | 66 | 242 | 175 | 190 |
| FORMULA STAR FS 80 SOLAR | 12 | 80 | 274 | 175 | 190 |
| FORMULA STAR FS 110 SOLAR | 12 | 105 | 350 | 175 | 190 |
| FORMULA STAR FS 155 SOLAR | 12 | 155 | 513 | 189 | 223 |
| FORMULA STAR FS 200 SOLAR | 12 | 195 | 513 | 223 | 223 |
| FORMULA STAR FS 240 SOLAR | 12 | 240 | 513 | 274 | 239 |
| FORMULA STAR FS 260 SOLAR | 12 | 260 | 518 | 276 | 242 |

NÚMERO DE CICLOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



Bomba

Neptun fl Sumergibles



Bombas sumergibles centrífugas multicelulares monobloc

Aplicaciones

Para pozos, bombeo de aguas limpias, suministro doméstico, agrícola, riego por aspersión, goteo y equipos de presión.

Materiales

Cuerpo impulsión, envolvente exterior, filtro y envolvente motor en acero inoxidable AISI 304. Impulsores flotantes en tecnopolímero. Difusores en tecnopolímero. Eje motor en acero inoxidable AISI 303. Juntas en NBR. Doble juego de cierres mecánicos, uno en grafito/carburo de silicio y el otro en grafito/óxido de alúmina. Cámara intermedia con aceite atóxico.

Motor

Asíncrono, dos polos. Protección IP 68. Aislamiento clase F. Servicio continuo. Motor refrigerado por agua. Versión monofásica con protector térmico incorporado. La protección de los motores debe ser provista por el usuario (ver cuadros de protección y maniobra para bombas sumergibles).

Límites de utilización

Temperatura del agua de 4° C a 40° C. Resisten la abrasión de la arena (hasta 100 g/m³). No incorporan válvula de retención.



Cuadros de protección y maniobra de Sumergibles, ver apartado Accesorios página 126.

Tabla de funcionamiento hidráulico y precios

| Modelo | I [A] | P1 [kW] | P2 | | c | l/min | 5 | 10 | 20 | 40 | 50 | 60 | 70 | 1~230 V (modelo M) | |
|----------------|-------------|-------------|------|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|--------|
| | 1~ 230 V | 1~ 230 V | [kW] | [HP] | [pF] | m³/h | 0,3 | 0,6 | 1,2 | 2,4 | 3,0 | 3,6 | 4,2 | Código | PVP € |
| Neptun fl60 35 | 3,6 | 0,8 | 0,75 | 1 | 16 | mca | 39 | 38 | 36 | 31 | 27 | 19 | 11 | 97045 | 442,00 |
| Neptun fl60 45 | 5 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | 25 | | 61 | 60 | 56 | 45 | 36 | 25 | 15 | 97048 | 505,00 |
| Neptun fl60 65 | 6,5 | 1,5 | 0,9 | 1,2 | 25 | | 92 | 90 | 83 | 69 | 53 | 37 | 20 | 97051 | 566,00 |
| Neptun fl60 75 | 8,3 | 1,8 | 0,9 | 1,2 | 25 | | 110 | 105 | 97 | 73 | 58 | 41 | 21 | 97054 | 601,00 |

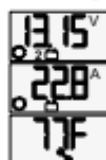
Regulador de carga

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**Eléctricas**

- Entrada solar especificada 25A
- Carga de salida especificada No aplicable
- Voltaje de batería 12V
- Voltaje mínimo de batería 1V
- Voltaje máximo de batería 15V
- Voltaje máximo solar 30V
- Consumo propio
 - Controlador 6 a 10 mA
 - Medidor remoto 6 a 15 mA

Ambientales

- Temperatura del ambiente en operación
 - Controlador -40°C a +45°C / -40°F a +113°F
 - Medidor -20°C a +60°C / -4°F a +140°F
- Humedad 100% sin condensación
- Tropicalización
 - Controlador Encapsulado epoxi
Gabinete de aluminio anodizado
Terminales resistentes a corrosión
 - Medidor Tarjeta de circuito impreso con cubierta protectora

Visor del medidor

- Iluminación trasera Activada por botón pulsador
- LED Estado de carga
Errores
Nivel de batería
- Visor Voltaje de Batería #1 y #2
Prioridad de carga de batería
Voltajes mínimo / máximo
Amperios de carga solar /
Amperios por hora
Temperatura
Errores

Protecciones electrónicas

- Cortocircuito en circuito solar
- Exceso de corriente en circuito solar
- Polaridad invertida
- Alta temperatura
- Rayos
- Corriente inversa por la noche

GARANTÍA: Período de garantía de cinco años. Póngase en contacto con Morningstar o su distribuidor autorizado para conocer los términos completos.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:

Carga de batería

- Regulación de voltaje
 - Batería sellada 14.1V (a 25°C, 77°F)
 - Batería inundada 14.4A (a 25°C, 77°F)
- Voltaje en flotación 13.7V
- Voltaje de ecualización* 14.8V
- Compensación en temperatura -30 mV por °C (referencia de 25°C)
- Tipo de carga PWM serie
4 etapas: masiva, PWM, flotación y ecualización*
*se usa solamente en baterías inundadas
- Prioridad de carga de batería 90% / 10%
50% / 50%
Adaptable vía conexión de PC

Mecánicas

- Controlador 17.0 x 5.6 x 4.1 cm / 6.7 x 2.2 x 1.6 pulgadas
- Medidor 9.7 x 9.7 x 3.1 cm / 3.8 x 3.8 x 1.2 pulgadas
- Parte trasera del medidor 7.4 cm / 2.9 in. de diámetro
2.8 cm / 1.1 in. de profundidad
Se ajusta a un agujero redondo de 7.6 cm / 3 pulgadas
- Peso
 - Controlador 260 g / 0.57 lb
 - Medidor 135 g / 0.30 lb
- Cable más grande 16 mm² (#6 AWG)
- Cable del medidor 10 m / 33 pies

Opciones

- Sensor remoto de temperatura — Mide la temperatura en la batería para una mejor carga de la batería

Certificaciones

- Cumple con las normas CE
- Manufacturado en una fábrica certificada según ISO 9001

MORNINGSTAR
corporation

8 Pheasant Run
Newtown, PA 18940 USA
Tel: +1 215-321-4457 Fax: +1 215-321-4458
E-mail: info@morningstarcorp.com
Website: www.morningstarcorp.com

Inversor

| Inversor Phoenix | 12 voltios 24 voltios 48 voltios | 12/250 24/250 48/250 | 12/375 24/375 48/375 | 12/500 24/500 48/500 | 12/800 24/800 48/800 | 12/1200 24/1200 48/1200 |
|---|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Potencia cont a 25°C (1) | | 250VA | 375VA | 500VA | 800VA | 1200VA |
| Potencia cont. a 25°C / 40°C | | 200 / 175W | 300 / 260W | 400 / 350W | 650 / 560W | 1000 / 850W |
| Pico de potencia | | 400W | 700W | 900W | 1500W | 2200W |
| Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable) | 230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1% | | | | | |
| Rango de tensión de entrada | 9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V | | | | | |
| Desconexión por CC baja (ajustable) | 9,3 / 18,6 / 37,2V | | | | | |
| Dinámica (dependiente de la carga) | Desconexión dinámica, ver | | | | | |
| Desconexión por CC baja (totalmente ajustable) | https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff | | | | | |
| Reinicio y alarma por CC baja (ajustable) | 10,9 / 21,8 / 43,6V | | | | | |
| Detector de batería cargada (ajustable) | 14,0 / 28,0 / 56,0V | | | | | |
| Eficacia máx. | | 87 / 88 / 88% | 89 / 89 / 90% | 90 / 90 / 91% | 90 / 90 / 91% | 91 / 91 / 92% |
| Consumo en vacío | | 4,2 / 5,2 / 7,9W | 5,6 / 6,1 / 8,5W | 6 / 6,5 / 9W | 6,5 / 7 / 9,5W | 7 / 8 / 10W |
| Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable) | | 0,8 / 1,3 / 2,5W | 0,9 / 1,4 / 2,6W | 1 / 1,5 / 3,0W | 1 / 1,5 / 3,0W | 1 / 1,5 / 3,0 |
| Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO | Ajustable | | | | | |
| Protección (2) | a - f | | | | | |
| Rango de temperatura de trabajo | -40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C) | | | | | |
| Humedad (sin condensación) | máx. 95% | | | | | |
| CARCASA | | | | | | |